



Universidade de Aveiro Departamento de Ambiente e Ordenamento

Ano 2010

**SÓNIA CARIN PEREIRA
CARREIRA**

**MONITORIZAÇÃO DO RUÍDO AMBIENTE E
LABORAL NA BASE AÉREA DE MONTE REAL**



Universidade de Aveiro Departamento de Ambiente e Ordenamento

Ano 2010

**SÓNIA CARIN PEREIRA
CARREIRA**

**MONITORIZAÇÃO DO RUÍDO AMBIENTE E
LABORAL NA BASE AÉREA DE MONTE REAL**

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia do Ambiente, realizada sob a orientação científica do Doutor António Samagaio, Professor Associado do Departamento de Ambiente e Ordenamento da Universidade de Aveiro.

Dedico este trabalho à minha mãe, irmão e namorado pelo incansável apoio.

o júri

presidente

Doutora Ana Isabel Couto Neto da Silva Miranda

Professora Associada do Departamento de Ambiente e Ordenamento da Universidade de Aveiro

Doutor Rui Manuel Gonçalves Calejo Rodrigues

Professor Auxiliar do Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Doutor António José Barbosa Samagaio

Professor Associado do Departamento de Ambiente e Ordenamento da Universidade de Aveiro

agradecimentos

A elaboração desta tese de mestrado contou com a colaboração de algumas pessoas, para as quais gostaria de dirigir os meus agradecimentos, nomeadamente:

Ao orientador da tese, Professor António Samagaio, pelo apoio e acompanhamento excepcional, dedicação, paciência, conselhos, esclarecimentos e informações preciosas que me facultou para a elaboração do relatório, contribuindo significativamente para o seu aprimoramento;

Ao Chefe do Estado Maior da Força Aérea, Sr. General Luís Araújo e ao Comandante da Base Aérea de Monte Real (BA5), Sr. Coronel Eurico Craveiro, pela oportunidade dada de desenvolver o estudo acústico na BA5.

À Base Aérea de Monte real, enquanto entidade acolhedora para a execução da componente prática do estudo, ao Sr. Major Alfredo Pires e Sr. Major Fragoso Henriques pelo acompanhamento e informações cedidas durante as visitas à BA5;

A todos aqueles que, com apoio e amizade que lhes é característico, me transmitiram alento para a prossecução com sucesso da minha vida académica, nomeadamente a família, namorado e amigos mais próximos.

A todos eles, demonstro a minha gratidão pela contribuição que tiveram para a pessoa que hoje sou.

Muito Obrigada!

palavras-chave

Ruido Operacionalização F16, Monitorização Ruído Ambiental, Monitorização Ruído Laboral, Barreiras Acústicas, Isolamento Acústico Habitações

resumo

Os aeródromos/aeroportos foram, desde sempre, implantados em regiões desocupadas e distantes dos grandes centros urbanos. A construção de infra-estruturas básicas transformou esses locais em ótimas opções para a expansão da malha urbana e prospecção imobiliária. O acelerado desenvolvimento dessas regiões, muitas vezes sem a fiscalização necessária por parte das câmaras municipais e juntas de freguesia, acabou por culminar em ocupações desordenadas e ilegais do solo, com edificações excessivamente próximas aos *taxiways* e pistas de descolagem/aterragem. Esta situação é recorrente e, hoje em dia, gera conflitos entre os aeroportos/aeródromos e as comunidades vizinhas, devido à poluição atmosférica e sonora dos aviões. No teatro principal das operações, é necessário considerar a situação dos militares que efectuam a manutenção das aeronaves e que diariamente estão expostos a níveis de ruído e vibrações elevados.

Neste âmbito, surge a presente dissertação, que apresenta como principal objectivo a monitorização do ruído ambiente e laboral decorrente da operacionalização dos F - 16 pertencentes à BA5.

Através das actividades desenvolvidas e, consequentemente, dos seus resultados, é possível concluir que quer a população vizinha, quer os militares estão sujeitos a níveis de ruído superiores aos legislados, sendo premente a tomada de mais medidas mitigadoras por parte da população vizinha e da BA5.

keywords

Operationalization Noise F16, Environmental Noise Monitoring, Noise Monitoring at Work, Acoustic Barriers, Acoustic Insulation Homes

abstract

Aerodromes / airports have always been deployed in areas vacated and remote from major urban centers. The construction of basic infrastructure in these places become great options for expanding the urban area and real estate prospecting. The accelerated development of these regions, often without the checks required by the municipal councils and parish councils, eventually culminate in disorderly and illegal occupations of land, with buildings too close to the taxiways and runways for takeoff / landing. This is recurring, and, today, generates conflicts between airports / airstrips and surrounding communities, due to air pollution and noise from aircraft. In the main theater of operations, it is necessary to consider the situation of the military that maintain the aircraft and that are exposed daily to noise levels and vibrations high.

In this context, comes this thesis, which has as main objective the monitoring of environmental noise and the operationalization of the underlying labor F16 belonging to BA5.

Through the activities and therefore their results, one concludes that, indeed, whether local residents want the military are subject to noise levels above the legislated, and the taking more urgent mitigating measures by the local residents and BA5.

ÍNDICE

LISTA DE FIGURAS	iii
LISTA DE TABELAS	vi
1 ENQUADRAMENTO	1
1.1 MOTIVAÇÕES E OBJECTIVOS	2
1.2 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	3
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
2.1 CONCEITOS DE ACÚSTICA	4
2.2 AUDIBILIDADE	15
2.3 CURVAS ISOFÓNICAS	18
2.4 CURVAS DE PONDERAÇÃO	19
2.5 EFEITO DE MASCARAMENTO	21
2.6 INTELIGIBILIDADE	24
2.7 O RUÍDO	25
2.8 ANATOMOFISIOLOGIA DO OUVIDO HUMANO	36
2.9 CONSEQUÊNCIAS DO RUÍDO	50
3 RUÍDO AERONAÚTICO	65
3.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS	65
3.2 RUÍDO AMBIENTE AERONÁUTICO	66
3.3 CARACTERÍSTICAS GERAIS RUÍDO DAS AERONAVES	68
4 ENQUADRAMENTO LEGAL	75
4.1 RUÍDO OCUPACIONAL	75
4.2 RUÍDO AMBIENTE	78
4.3 EQUIPAMENTOS DE MEDIÇÃO	84
5 ESTUDO EXPERIMENTAL	85
5.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS	85

5.2	A FORÇA AÉREA PORTUGUESA.....	85
5.3	CARACTERIZAÇÃO ÁREA DE ESTUDO: BASE AÉREA N.º 5 (BA 5)	90
5.4	CARACTERIZAÇÃO FONTE SONORA.....	95
5.5	CARACTERIZAÇÃO DOS LOCAIS DE AVALIAÇÃO, POSICIONAMENTO DO MICROFONE E LOCALIZAÇÃO DA FONTE RELATIVAMENTE AO LOCAL DE MEDIÇÕES	107
5.6	METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO.....	113
5.7	ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS.....	120
6	CONCLUSÕES	142
7	BIBLIOGRAFIA	144
8	ANEXOS.....	154

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 Amplitude Máxima e Mínima da Pressão Sonora	7
Figura 2.2 Efeito da temperatura sobre a propagação de campos sonoros	10
Figura 2.3 Propagação sonora influenciada pela direcção do vento	11
Figura 2.4 Equivalência entre os valores de pressão sonora e o nível de pressão sonora	13
Figura 2.5 Campo típico de audição do ouvido humano	15
Figura 2.6 Área audível com indicação das zonas para os sons de música e da fala	16
Figura 2.7 Resposta sensorial humana	17
Figura 2.8 Alteração do limiar da audição.	18
Figura 2.9 Linhas Isofónicas	19
Figura 2.10 Curvas de ponderação de frequências	20
Figura 2.11 Comparação entre curvas de ponderação.	21
Figura 2.12 Efeito de mascaramento	22
Figura 2.13 Limiar auditivo com mascaramento.	23
Figura 2.14 Efeitos de mascaramento às frequências de 400 Hz (a) e de 2000 Hz (b).	23
Figura 2.15 Inteligibilidade em conversação.	25
Figura 2.16 Representação esquemática típica de um gráfico de ruído contínuo.	27
Figura 2.17 Representação esquemática típica de um gráfico de ruído flutuante.	27
Figura 2.18 Representação esquemática típica de um gráfico de ruído impulsivo.	28
Figura 2.19 Exemplo de um ruído com características tonais na Frequência de 250 Hz.	29
Figura 2.20 Sonómetro integrador.	31
Figura 2.21 Esquema de funcionamento do sonómetro.	33
Figura 2.22 Dosímetro.	34
Figura 2.23 Bandas de terço de oitava e de oitava.	35
Figura 2.24 Nível sonoro contínuo equivalente.	36
Figura 2.25 Anatomofisiologia ouvido humano.	38
Figura 2.26 Anatomia ouvido externo.	39
Figura 2.27 Anatomia ouvido médio.	42
Figura 2.28 Anatomia ouvido interno.	45
Figura 2.29 Cóclea	46

Figura 2.30 Secção da Cóclea	47
Figura 2.31 Patologias directas e indirectas tendo em conta o nível de exposição sonora.	52
Figura 2.32 Perdas auditivas em relação ao limiar de audição normal	53
Figura 2.33 Evolução da surdez profissional	53
Figura 2.34 Risco de perda de audição, em função dos anos exposição	54
Figura 2.35 Evolução com a idade das perdas auditivas	56
Figura 2.36 Efeitos Fisiológicos do ruído sobre o organismo	59
Figura 3.1 Contornos sonoros	69
Figura 3.2 Ruído produzido pelo escape do avião, resultante da mistura turbulenta de alta velocidade dos gases	69
Figura 3.3 Ruído do Motor Turbofan.	70
Figura 3.4 Nível de exposição sonoro ao longo do tempo a que um receptor pode estar exposto.	71
Figura 3.5 Produção e propagação de um estrondo sónico (passagem da barreira do som)	72
Figura 3.6 Onda N	73
Figura 5.1 Organização da Força Aérea Portuguesa.....	86
Figura 5.2 Localização Base Aérea n.º 5	90
Figura 5.3 Pormenor localização Base Aérea n.º 5	91
Figura 5.4 Ampliação da Localização da Base Aérea n.º 5	92
Figura 5.5 Símbolo da Esquadra 201	94
Figura 5.6 Símbolo da Esquadra 301	94
Figura 5.7 <i>Helmet Mounted Sight</i>	96
Figura 5.8 Canopy F16	98
Figura 5.9 Estrutura F - 16	99
Figura 5.10 Grupo Estabilizadores	100
Figura 5.11 <i>Flaperons</i>	101
Figura 5.12 Armamento	100
Figura 5.13 Armamento/Guerra electrónica	101
Figura 5.14 Constituintes do motor do F – 16	102
Figura 5.15 Módulos do motor do F – 16	103
Figura 5.16 Sistema de combustível	104
Figura 5.17 Motor antes de ir para o banco de ensaios com evidência das palhetas rotoras da Fan....	105

Figura 5.18 Motor em teste utilizando <i>afterburner</i>	105
Figura 5.19 Posicionamento do microfone.....	110
Figura 5.20 Marcas que indicam as distâncias de segurança	112
Figura 5.21 Minimização da exposição de uma moradia ao ruído	133
Figura 5.22 Barreiras acústicas	134

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 Campo típico de audição do ouvido humano.....	16
Tabela 2.2 Filtro de ponderação A e respectivas características	21
Tabela 4.1 Quadro Resumo das obrigações da entidade patronal	77
Tabela 4.2 Valores limite de exposição	81
Tabela 5.1 Dimensões F – 16	97
Tabela 5.2 Performances F – 16	97
Tabela 5.3 Descrição dos locais de monitorização de ruído ambiente.....	108
Tabela 5.4 Locais de trabalho monitorizados.....	111
Tabela 5.5 Descrição das medições no tempo durante a descolagem.....	114
Tabela 5.6 Descrição das medições no tempo durante aterragem.....	115
Tabela 5.7 Condições meteorológicas verificadas nos dias da monitorização.....	116
Tabela 5.8 Características dos acessórios do sonómetro – ruído ambiental.....	117
Tabela 5.9 Descrição das medições no tempo.....	118
Tabela 5.10 Descrição das características meteorológicas.....	119
Tabela 5.11 Características dos acessórios do sonómetro – Ruído Laboral.....	119
Tabela 5.12 Valores de L_{Aeq} obtidos, durante a descolagem, para os três períodos de referência.....	122
Tabela 5.13 Valores de L_{Aeq} obtidos, durante a aterragem, para os três períodos de referência.....	123
Tabela 5.14 Média dos valores de L_{Aeq} , para três períodos de referência, relativos à descolagem.....	124
Tabela 5.15 Média dos valores de L_{Aeq} , para três períodos de referência, relativos à aterragem.....	124
Tabela 5.16 Valores de L_{Aeq} , ponderados, para três períodos de referência, relativos à descolagem...	125
Tabela 5.17 Valores de L_{Aeq} , ponderados, para três períodos de referência, relativos à aterragem.....	125
Tabela 5.18 Indicadores de ruído (níveis sonoros médios de longa duração) relativos à descolagem....	126
Tabela 5.19 Indicadores de ruído (níveis sonoros médios de longa duração), relativos à aterragem.	127
Tabela 5.20 Valores de D	128
Tabela 5.21 Valores acumulados de ocorrência relativos à descolagem.....	129
Tabela 5.22 Valores acumulados de ocorrência relativos à aterragem.....	129
Tabela 5.23 Valores de incomodidade – descolagem – período diurno.	130
Tabela 5.24 Valores de incomodidade – descolagem – período entardecer.	130
Tabela 5.25 Valores de incomodidade – aterragem – período diurno.....	130

Tabela 5.26 Valores de incomodidade – aterragem – período entardecer.....	131
Tabela 5.27 Parâmetros sonoros em cada posto de trabalho.....	135
Tabela 5.28 Frequências em bandas de oitava.....	136
Tabela 5.29 $L_{EX, 8h}$ em cada posto de trabalho.....	137
Tabela 5.30 $L_{EX, 8h, effect}$ obtidos.....	139

1 ENQUADRAMENTO

A poluição sonora, quer na sua vertente ambiental quer laboral, constitui um problema que afecta cada vez mais a população, sobretudo a que vive em meio urbano e / ou industrializado. A variação dos níveis de ruído está intimamente relacionada com a industrialização e com o actual crescimento urbano, reflectindo-se em várias fontes de ruído como o tráfego rodoviário, ferroviário e aéreo; as unidades industriais; as actividades comerciais e de lazer, entre outras.

Os efeitos nocivos do ruído sobre o ambiente e a saúde humana dependem de vários factores, nomeadamente do tempo de exposição, da respectiva intensidade, do tipo de ruído (temporário ou permanente), da distância da fonte e da sensibilidade individual. Em relação à saúde humana, os efeitos mais frequentes manifestam-se fundamentalmente ao nível físico, psicológico e social. O ruído interfere com a comunicação, provoca perturbações no sono, na capacidade de concentração e traduz-se em reacções de *stress*, cansaço e ansiedade.

A poluição ambiental é considerada cada vez mais como um dos principais factores de degradação da qualidade de vida dos cidadãos, em particular em meio urbano e constitui a causa da maior parte das reclamações. O ruído de tráfego, particularmente aéreo, é responsável por uma ínfima parte do ruído ambiente, sobretudo em zonas urbanas, no entanto é o que se manifesta com maior intensidade e causa maior incómodo comparativamente com o ruído inerente ao tráfego rodoviário e ferroviário. O ruído aeronáutico apresenta características singulares na medida em que a sua propagação ultrapassa em muito os limites legais impostos [76, 104].

Uma economia crescente tem levado ao aumento da mobilidade e consequentemente ao aumento de tráfego aéreo e o respectivo ruído. Ainda, o crescimento não sustentável das zonas urbanas, tem vindo a determinar o agravamento dos problemas de ruído.

Nas últimas décadas, dada a crescente exposição das populações a elevados níveis de ruído, as questões relacionadas com o ruído ambiente, principalmente nos centros urbanos, tem merecido cada vez mais atenção por parte dos agentes locais. As políticas comunitárias na União Europeia têm assumido uma preocupação crescente relativamente à protecção contra o ruído. Esta consciência teve expressão com o Livro Verde sobre a Futura Política de Ruído, em que a Comissão Europeia assumiu o ruído ambiente como um dos principais problemas ambientais em particular em meios urbanos. O Livro Verde sobre a Futura Política de Ruído refere que cerca de 20% da população da União Europeia é afectada por níveis de ruído que os peritos de saúde consideram inaceitáveis, ou seja, que podem causar incómodo, perturbação do sono e efeitos prejudiciais para a saúde [83, 104].

Alguma legislação comunitária, em especial relativa a ruído de tráfego, foi sendo publicada, impondo essencialmente valores limite para os diferentes meios de transporte.

A nível laboral a questão do ruído aeronáutico também evidencia alguma significância, na medida em que grupos específicos de trabalhadores estão expostos a níveis acentuados de ruído, como sejam os pilotos e mecânicos. A surdez resultante de exposição a níveis sonoros elevados nos locais de trabalho é das doenças profissionais mais conhecidas e representa actualmente cerca de um terço da totalidade das doenças profissionais. A eliminação ou a redução do ruído excessivo é uma obrigação legal muito importante para empregadores e trabalhadores, pois quanto mais seguro e saudável for o ambiente de trabalho menores serão as probabilidades de acidentes de trabalho, de absentismo elevado e de diminuição de rendimento do trabalho [76, 83, 104].

A avaliação dos riscos, a adopção de medidas destinadas a prevenir ou a controlar os riscos, a informação, a formação e a participação dos trabalhadores, o acompanhamento regular dos riscos e das medidas de controlo e a vigilância adequada da saúde têm uma importância fundamental na prevenção dos riscos para a saúde dos trabalhadores. A prevenção dos riscos profissionais associados ao ruído está contemplada em legislação específica [76].

1.1 MOTIVAÇÕES E OBJECTIVOS

O ruído constitui uma causa de incómodo para o trabalho, sono, um obstáculo às comunicações verbais e sonoras, podendo provocar fadiga geral e, em casos mais extremos, trauma auditivo e alterações fisiológicas extra-auditivas.

Para além disso e como já foi referenciado o ruído aeronáutico é cada vez mais sentido não só como uma agressão à qualidade de vida das populações vizinhas e trabalhadores mas como uma situação extrema de inaceitabilidade, constituindo a causa da maior parte das reclamações recebidas pelas entidades responsáveis nesta matéria.

É neste âmbito que surge o presente estudo e que tem como principais objectivos:

- Monitorização do ruído ambiente decorrente da operacionalização dos F - 16 a que população vizinha da BA5 está exposta;
- Monitorização do ruído a que os militares que trabalham directamente com os F - 16, mais propriamente os mecânicos, estão expostos diariamente e consequente avaliação da adequabilidade da protecção individual utilizada pelos mesmos;
- Investigação de possíveis medidas mitigadoras/minimizadoras de ruído ambiental e laboral subjacente à operacionalização dos F - 16.

1.2 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

A presente dissertação está organizada por capítulos de acordo com a seguinte estrutura:

Capítulo 1 – Enquadramento – descreve de um modo geral a importância e pertinência do tema bem como os objectivos do trabalho;

Capítulo 2 – Revisão Bibliográfica – apresenta e descreve, mais pormenorizadamente, os principais aspectos relacionados com a temática da tese: conceitos de acústica, ruído (definição de ruído, tipologias de ruído e instrumentos de medição de ruído), anatomofisiologia do ouvido humano, bem como as consequências da exposição ao ruído.

Capítulo 3 – Ruído Aeronáutico – aborda a temática do ruído urbano e caracteriza as principais fontes de ruído, introduzindo desta forma a temática de ruído aéreo. Nos subcapítulos seguintes é feita uma descrição do ruído ambiente aeronáutico e a apresentação das principais características do ruído associado às aeronaves.

Capítulo 4 – Enquadramento Legal – descreve sucintamente a legislação aplicável ao estudo de monitorização de ruído ambiente e ocupacional;

Capítulo 5 – Estudo Experimental – efectua um enquadramento aos objectivos da tese propriamente dita, seguida de uma descrição e apresentação da Força Aérea Portuguesa. Para além disso, é efectuada uma caracterização da área de estudo (Monte Real) e da principal fonte sonora (F - 16), bem como dos locais de avaliação de ruído ambiente e laboral, o posicionamento do microfone relativamente ao local de medições. Finalmente são apresentados e discutidos todos os resultados obtidos decorrentes das tarefas propostas e inerentes à tese.

Capítulo 6 – Conclusões – refere as principais conclusões retiradas do estudo, bem como propostas de trabalhos futuros sobre o tema.

Capítulo 7 – Bibliografia

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 CONCEITOS DE ACÚSTICA

O ruído, palavra proveniente do latim *rugitu*, entende-se como sendo um agente que além de mascarar outros sons, pode interferir com o discurso e comunicação e provocar dor ou lesão auditiva transitória e/ou permanente. Existem inúmeras definições de ruído, variando estas com as diferentes áreas do saber. No entanto, o ruído é definido na maioria das vezes como um som desagradável. A distinção entre som e ruído é subjectiva, já que ambos consistem num fenómeno vibratório físico capaz de induzir diferentes sensações em diferentes indivíduos: “o som percebido por um Homem pode ser o ruído de outro”. Em termos de saúde humana, considera-se esta definição como demasiado linear, dado que a subjectividade humana de apreciação do som, não se associa claramente ao impacto desse som na saúde, sendo mais importante a intensidade e a duração do som percebido do que a sensação de prazer ou desconforto que este possa causar.

2.1.1 DEFINIÇÃO FÍSICA DE SOM

O som é definido como a energia de vibração que é transmitida através do ar ou de outro meio por ondas de pressão. O ser humano tem a capacidade de ouvir e perceber esse som, dado que tem a aptidão de converter de novo, as referidas ondas de pressão em ondas vibratórias, transformá-las depois em energia mecânica que seguidamente é convertida em energia hidráulica para que esta se converta finalmente em energia eléctrica passível de estimulação dos centros nervosos superiores. Este fenómeno complexo de transformação de energia, ocorre devido à existência de um aparelho auditivo extremamente desenvolvido e anatomofisiologicamente complexo [101, 102, 104].

O som não é mais do que o resultado da energia vibratória e da resistência que o meio de propagação oferece à mesma, dispersando-a através de forças de condensação e rarefacção. Definido o som, facilmente se constata que a energia vibratória se vai propagar por uma distância que é condicionada, por um lado, pela energia de vibração (inicial) e por outro lado pelas resistências que, no percurso, se opõem a essa propagação. Tendo em conta que as resistências se associam às forças de condensação e às forças de rarefacção, a propagação far-se-á de forma oscilante e é por esta razão que o som é representado por uma onda sinusoidal [101, 102].

Para a existência de som é necessário que haja uma fonte sonora que o produza, um meio em que se possa propagar e um receptor, animal ou Homem, com um sistema auditivo capaz de detectar as pequenas variações de pressão numa determinada gama de frequências. Por ser

um sinal flutuante variável no tempo, o som necessita de diferentes descritores para caracterizar a sua energia, o conteúdo de frequências e historial temporal. Para a classificação de um evento sonoro, o sujeito deve ter em atenção os seguintes factores: nível, duração temporal, contribuição espectral, estrutura temporal, quantidade, distribuição espacial, atitude subjectiva e informação do sinal [104].

2.1.2 DESCRIÇÃO FÍSICA DE UMA ONDA SONORA

Quando uma onda sonora se propaga no ar, as oscilações de pressão ocorrem acima e abaixo do valor da pressão atmosférica. Uma onda sonora constituída unicamente por um tom puro, não é mais que um som periódico, composto por uma única frequência, que apresenta um padrão sinusoidal. Este tipo de onda é caracterizado pela sua amplitude, comprimento de onda, período e frequência [84, 103].

2.1.2.1 PERÍODO E FREQUÊNCIA

Como já foi referido o som, poderá ser considerado como a energia que resulta de uma passagem “tumultuosa” da energia vibratória inicial pelo meio de propagação. Estas oscilações não são mais do que variações da pressão atmosférica no local ao longo do tempo, alternadamente, positivas e negativas. A velocidade com que as variações/oscilações acontecem ao longo do tempo, define a sua frequência, f , em ciclos por segundo ou Hertz. Quanto maior a frequência, mais ciclos de oscilações acontecem no mesmo espaço de tempo. A duração temporal de cada oscilação é designada por período, T , da oscilação/onda [101, 102, 103].

As baixas frequências sonoras produzem os sons graves e as altas frequências os sons agudos. Abaixo das baixas frequências da gama audível (16 Hz a 20 kHz) estão os infra-sons e acima dela os ultra-sons, que apenas são ouvidos por alguns animais.

Tomando como ponto de referência a representação gráfica do som traduzida por uma onda sinusoidal, é possível identificar um carácter repetitivo no que concerne à progressão da onda. Cada unidade que se repete *ad infinitum* nesta onda teórica é designada como ciclo. A frequência não é mais do que o número de vezes em que ocorre repetição dessa “unidade” no período de tempo determinado, geralmente um segundo. Clinicamente e anatofisiologicamente esta noção de frequência repercute-se na capacidade de discriminação das várias intensidades que o som assume no trajecto da sua onda. Assim sendo, a frequência pode ser definida como sendo a velocidade de vibração que em termos fisiológicos se associa à percepção do timbre do som (graves e agudos), ou seja, à percepção qualitativa do mesmo. Da noção qualitativa e quantitativa do som, facilmente se infere que aquando da avaliação da

audição humana se tem de estabelecer uma relação entre as mesmas. Fulcral na determinação do grau de risco de se desenvolver uma lesão ototraumática para um determinado som é a correcta aferição da intensidade e frequência desse mesmo som [84].

Em acústica, a escala de frequências é dividida em intervalos normalizados designados de bandas, com largura 1/1 oitava, 1/3 oitava ou outra subdivisão, dependendo do detalhe que se pretenda. Cada oitava representa um intervalo utilizado em música para designar que entre duas notas a frequência duplica ou diminui para metade.

2.1.2.2 COMPRIMENTO DE ONDA

O comprimento de onda representa a distância percorrida por uma onda de pressão durante um ciclo completo. Matematicamente obtém-se mediante a divisão do valor da velocidade do som pelo valor da frequência do tom puro. O comprimento de onda é um parâmetro importante para a acústica uma vez que determina o comportamento do som quando o mesmo atinge determinados obstáculos. Desta forma, se um obstáculo apresentar dimensões inferiores às do comprimento de onda, a mesma conseguirá contorná-lo, e caso contrário, ocorrerá uma espécie de “sombra sonora” [101, 102, 104].

2.1.2.3 AMPLITUDE

Um dos parâmetros para a caracterização das ondas sonoras é a amplitude, que corresponde ao valor máximo e mínimo que a pressão sonora atinge em torno da pressão atmosférica (v. Fig. 2.1). Essas variações de pressão são muito rápidas e com diferenças de valor significativas, mesmo em intervalos de tempo inferiores a um segundo [103].

É a deslocação máxima do ponto em vibração em relação ao seu ponto de equilíbrio.

A amplitude das alterações de pressão decorrentes de um onda sonora pode ser descrita pela amplitude máxima de pressão (p_{Max}) ou pela raiz do valor médio quadrático, ou seja, o valor eficaz da amplitude (p_{rms}), sendo expressa em Pascal (Pa). No caso de ondas sonoras complexas é, normalmente, utilizada a amplitude rms, uma vez que esta retrata de uma forma mais fiel a energia contida nas mesmas [101, 102].

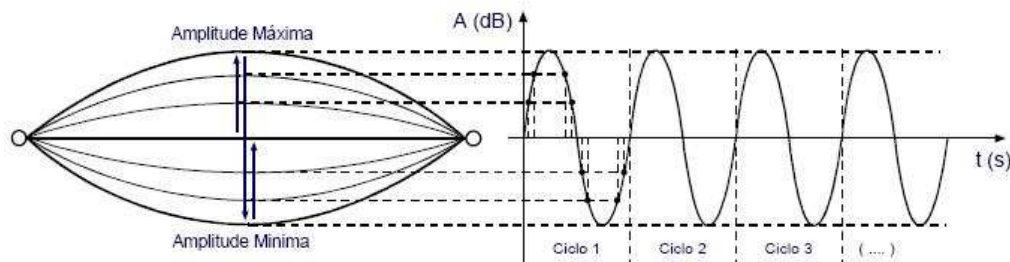


Figura 2.1 Amplitude Máxima e Mínima da Pressão Sonora [109].

2.1.3 PROPRIEDADES CARACTERÍSTICAS DE UMA ONDA SONORA

Todas as ondas têm um comportamento comum em situações padrões e apresentam as seguintes características:

Reflexão – A presença de superfícies reflectoras próximas de uma fonte irá afectar o som irradiado no sentido em que condicionará o campo directo de propagação, criando novas trajectórias de som. Sempre que o som directo atinge um obstáculo, parte da energia acústica é reflectida, parte é absorvida e a restante transmitida, sendo que as proporções desta repartição de energia dependerão em grande parte da natureza do obstáculo;

Refracção – É a variação da velocidade da onda quando esta passa de um meio para outro. A velocidade da onda varia, pelo que o comprimento de onda também varia, mas a frequência permanece sempre igual, pois é característica da fonte emissora;

Difracção - É a característica da onda que lhe permite contornar obstáculos, quando estes interrompem parcialmente a sua propagação. Ondas com baixo comprimento de onda são facilmente difractadas;

Interferência - A sobreposição de duas ou mais ondas na mesma região do espaço pode originar interferência. Nas regiões em que as elongações têm o mesmo sinal a interferência é construtiva, a elongação resultante é maior do que qualquer das elongações individuais. Nas regiões em que as elongações têm sinais contrários, a elongação resultante poder-se-á mesmo anular. Há interferência destrutiva. Consideremos duas ondas que se propagam na mesma direcção, com a mesma frequência e amplitude. Se, num ponto do meio, as cristas das duas ondas coincidirem, diz-se que as ondas estão em fase e a onda resultante mantém a frequência e passa a ter uma amplitude dupla da de cada uma delas. Se as duas ondas se sobrepuserem em oposição de fase, a onda resultante terá amplitude zero. As duas ondas aniquilam-se;

Dispersão - a separação de uma onda em outras de diferentes frequências;

Vibração - Algumas ondas são produzidas através da vibração de objectos, produzindo sons [104].

2.1.4 GERAÇÃO E PROPAGAÇÃO DE CAMPOS SONOROS

O som é um fenómeno de natureza ondulatória que ocorre em meios elásticos (gasosos, líquidos ou sólidos) através dos quais se propaga a energia de vibração das partículas que constituem esse meio. Este fenómeno tem origem numa perturbação do estado de repouso, ou equilíbrio, do meio, ocorrendo normalmente dois tipos de ondas: ondas transversais e ondas longitudinais.

As ondas transversais originam forças de corte que põe em movimento as partículas do meio, numa direcção perpendicular à da propagação da onda. Por outro lado, as ondas longitudinais movimentam as partículas na mesma direcção de propagação da onda, dando origem a ondas de pressão.

A propagação de uma onda em certos meios viscosos, como por exemplo a água, pode dar origem aos dois tipos de ondas anteriormente referidos, ocorrendo assim forças transversais e longitudinais na propagação do som nesse meio. Nos gases, predominam sobretudo as ondas longitudinais, ou de pressão, as quais são o principal motor no mecanismo da propagação sonora [104].

1. Ondas Planas

As ondas sonoras planas caracterizam-se pelo facto da pressão acústica, a velocidade de oscilação das partículas e a densidade do meio de propagação, flutuarem em fase em todos os pontos de planos perpendiculares à direcção de propagação.

Estas ondas podem ocorrer, por exemplo, no interior de condutas onde a dimensão da sua secção transversal possa ser considerada pequena quando comparada com o comprimento de onda, associado à onda sonora propagada [104].

2. Ondas Esféricas

Em alguns campos sonoros a propagação da energia faz-se segundo uma geometria esférica, e os anteriormente chamados planos de propagação são agora superfícies esféricas. Nesta geometria a propagação passa a ter características tridimensionais. Quando o meio de propagação é o ar, estas pequenas perturbações, oscilações, ocorrem em torno do valor médio da pressão atmosférica.

Verifica-se que neste tipo de campos, a pressão sonora vai diminuindo com o aumento da distância à fonte, estando este facto associado à dispersão da energia pela área das superfícies esféricas [104].

3. Ondas Cilíndricas

Uma das geometrias utilizadas nos estudos de geração e propagação de campos sonoros é a geometria cilíndrica. Tal geometria é frequentemente utilizada na descrição dos campos gerados por linhas de tráfego rodoviárias e ferroviárias.

Nestas situações, considerando que as fontes sonoras estão muito próximas, que o som emitido, por cada uma das fontes, não se correlaciona com o das fontes vizinhas e que todas elas radiam a mesma quantidade de energia sonora, então a energia radiada é uniforme e as suas frentes de onda têm uma geometria cilíndrica, isto se tivermos presentes as simplificações apresentadas [104].

2.1.5 PROPAGAÇÃO DE CAMPOS SONOROS EM MEIOS NÃO HOMOGÉNEOS E DISSIPATIVOS

Considerando que a propagação decorre num meio homogéneo e na ausência de mecanismos de qualquer dissipação de energia, pode ser verificado que os campos sofrem atenuações devidas à própria geometria de propagação [104]. Assim, por exemplo, no caso das fontes de radiação plana, a energia não sofre atenuação com o aumento da distância entre o receptor e a fonte. Já nos campos de radiação cilíndrica a energia sofre um decaimento de 3 dB com a duplicação da distância à fonte, e no caso das fontes de radiação esférica este decaimento é de 6 dB.

A atenuação devida, exclusivamente, à geometria da propagação tem como base a razão entre o aumento das áreas das superfícies atravessadas pela energia e a forma como este aumento de área se relaciona com o aumento da distância à fonte considerada. Assim numa geometria cilíndrica, quando se duplica o raio, duplica-se também a área, já numa geometria esférica a duplicação do raio tem um efeito quadrático relativamente à área das calotes esféricas. Da mesma forma, e por consequência, não se experimenta nenhuma atenuação no caso dos campos de propagação planos [104].

Em condições reais de propagação ocorrem fenómenos que vão conduzir a uma atenuação da energia, para além daquela que é atribuída à própria geometria do campo. Considerando a propagação num meio gasoso, como a que ocorre no ar, a dissipação da energia ocorre fundamentalmente devido à viscosidade do meio, ao facto da propagação ocorrer num meio

não adiabático (existem trocas de calor), e ainda devido à absorção molecular, em particular nas moléculas de oxigénio [104].

Existem ainda fenómenos atmosféricos que condicionam também as condições de propagação. Dentro destes fenómenos, destacam-se: os gradientes de temperatura e a direcção dos ventos dominantes.

Relativamente aos gradientes de temperatura, importa referir que, em condições normais, durante o dia a temperatura na superfície terrestre é superior à temperatura na atmosfera, à medida que se sobe em altura. Este fenómeno inverte-se, normalmente, durante a noite, dada a radiação térmica para a abóbada celeste, as camadas de ar mais próximas do solo ficam mais frias do que as camadas de ar em altitude, fenómeno denominado de inversão térmica. Com base nestas ocorrências verifica-se que, durante o dia, quando a temperatura junto ao solo é superior à das camadas de ar mais elevadas, as ondas sonoras tendem a divergir em direcção das camadas mais frias, uma vez que junto ao solo se verificam velocidades de propagação mais elevadas. Por outro lado, quando as camadas em altitude são mais quentes, como normalmente ocorre durante a noite, as ondas sonoras têm tendência a ser encurvadas em direcção ao solo, uma vez mais devido ao gradiente da velocidade de propagação (v. Fig. 2.2) [104].

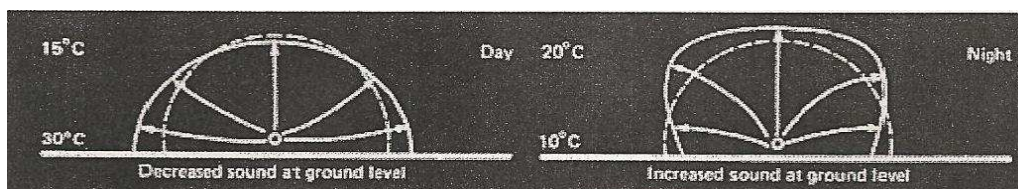


Figura 2.2 Efeito da temperatura sobre a propagação de campos sonoros [104].

Um outro parâmetro atmosférico também influente na propagação de campos sonoros é a velocidade e a direcção dos ventos dominantes. O vento provocará um aumento do campo no lado da fonte oposto à direcção de onde provém, e um decréscimo nesse lado. Por outro lado, a direcção do vento tende a direccionar a frente de onda na mesma direcção de onde provém (v. Fig. 2.3) [104].

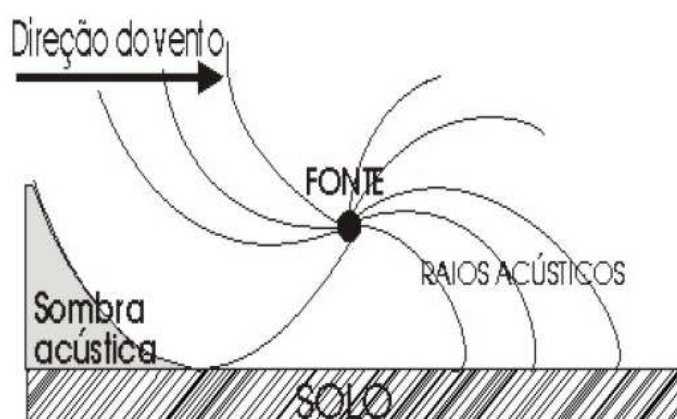


Figura 2.3 Propagação sonora influenciada pela direcção do vento [104].

Além dos processos de dissipação já descritos, são ainda de considerar outros que contribuem para o aumento desse efeito como sejam a presença de superfícies reflectoras e da camada superficial do solo.

O efeito do tipo de solo resulta da interferência entre o ruído propagado directamente entre a fonte e o receptor e o som reflectido pelo solo quando a fonte e o receptor estão próximos do solo. Os diferentes tipos de solo são por vezes designados em termos acústicos por “duros” e “macios”. Os pisos duros são associados a superfícies altamente reflectoras como água, betão e cimento, que podem conduzir a aumentos de ruído de 1 a 2 dBA. Estudos referem que, por exemplo, nos pisos de betão não poroso, a pressão sonora duplica na maioria das frequências. Os pisos macios são considerados pisos absorventes, ou seja, superfícies mais porosas, tais como terra, areia, vegetação e neve e podem atenuar o ruído ao nível das médias e altas frequências [104].

A presença de superfícies reflectoras próximas de uma fonte irá afectar o som irradiado no sentido em que condicionará o campo directo de propagação, criando novas trajetórias de som – som reflectido. Sempre que o som directo atinge um obstáculo, parte da energia acústica é reflectida, parte é absorvida e a restante é transmitida, sendo que as proporções desta repartição de energia dependerão em grande parte da natureza do obstáculo [104].

2.1.6 DESCRITORES DO SOM

2.1.6.1 PRESSÃO SONORA e NÍVEL SONORO

Num determinado local, a pressão sonora é a diferença entre a pressão instantânea medida e a pressão do meio ambiente, frequentemente denominada por pressão atmosférica. A unidade de medida utilizada para expressar a pressão sonora, p , é o Pascal (Pa).

Sendo este mais conveniente para descrever o efeito do som durante o seu período de ocorrência. A relação entre a mais alta pressão sonora que uma pessoa consegue tolerar sem dor (limite de dor) e a do mais baixo som inteligível (limite de audição) é bastante grande, da ordem dos 10 milhões para 1. O ouvido humano não é linearmente sensível à pressão sonora graduada em Pascal, mas sim ao seu logaritmo, o que traduz a enorme gama de audibilidade em pressão sonora que ele suporta. Por isso, de forma a reduzir este enorme intervalo e adaptar a quantidade à sensibilidade humana, é usado um logaritmo relativo, o nível de pressão sonora, de acordo com a equação (2.1) [101, 102].

$$L_p = 10 \times \log \frac{P^2}{P_0^2} = 20 \times \log \frac{P}{P_0} \quad (2.1)$$

em que:

L_p – Nível de pressão sonora (dB)

P – Pressão sonora (Nm^{-2})

$P_0 = 20 \mu\text{Pa}$ ($20 \times 10^{-6} \text{ Pa}$) – Pressão sonora de referência (limiar de audição a 1 000 Hz)

É possível fazer uma comparação entre a pressão sonora e níveis de pressão sonora, como é demonstrado na Figura 2.4.

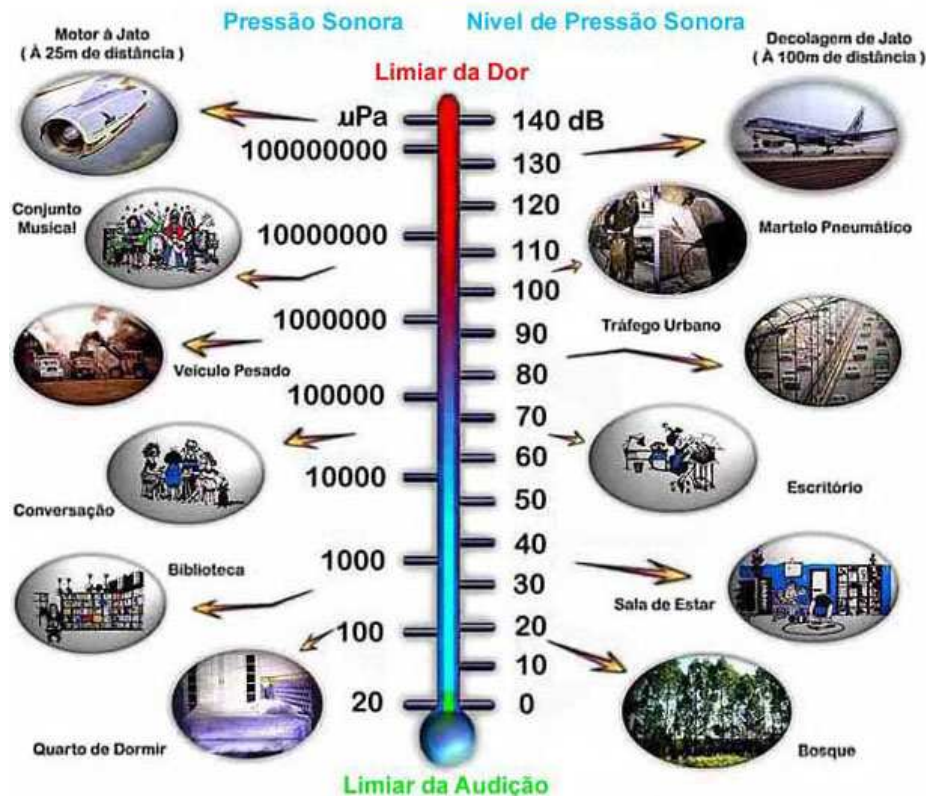


Figura 2.4 Equivalência entre os valores de pressão sonora e o nível de pressão sonora [103].

Entende-se que as intensidades subjectivamente sentidas de quase todas as sensações que os humanos experimentam na natureza são logarítmicas em relação às grandezas físicas responsáveis pelos estímulos externos. O nível de pressão e outros descritores semelhantes, equivalentes ao logaritmo da razão de duas grandezas de energia, são expressos em decibel (dB), sendo que 1 dB é um décimo de 1 *Bel*, nome dado em honra de Alexander Bell [102].

Para além da referida pressão sonora é ainda pertinente mencionar a potência sonora e a intensidade sonora como outras formas de quantificar o som.

2.1.6.2 POTÊNCIA E INTENSIDADE SONORA

A pressão sonora representa a variável potencial em acústica, mas as variáveis de fluxo e energia também devem ser consideradas, tal como acontece com todos os sistemas energéticos. A variável de potência associada à geração de som é a potência sonora.

A potência sonora emitida é uma característica da fonte sonora e que melhor descreve a quantidade de ruído produzida por uma fonte, comparativamente com o nível de pressão sonora que está mais ou menos dependente do meio que rodeia essa fonte. Qualquer máquina tem, em funcionamento, um certo nível de vibração, que se manifesta na radiação de uma

certa quantidade de energia acústica. A potência sonora será então a quantidade de energia acústica produzida por unidade de tempo. A potência é irradiada num espaço 3D e dissipa-se para áreas cada vez maiores, sendo o fluxo da radiação quantificado pela Intensidade Sonora. As ondas sonoras propagam energia por uma superfície esférica centrada na fonte pontual. A intensidade sonora representa a quantidade de energia que atravessa uma unidade área dessa superfície a uma distância r da fonte. Fornece uma medida da direcção do fluxo de energia, sendo portanto necessário incluir na definição de intensidade sonora o conceito de direcção de propagação da onda. A intensidade sonora pode ser medida directamente, utilizando instrumentação apropriada, enquanto a potência sonora pode ser calculada a partir de medições de pressão sonora ou intensidade sonora e fazendo as correcções necessárias à envolvente acústica no caso da pressão e apenas à superfície de medição no caso da intensidade [103, 104].

A potência sonora serve essencialmente para classificar quantitativamente as fontes de ruído, enquanto a intensidade sonora permite localizar e qualificar as fontes de ruído, sendo, por isso, de extrema utilidade no estudo de soluções para controlo de ruído [101, 102].

2.1.7 ESPECTRO SONORO

O espectro sonoro é entendido como a distribuição da intensidade referente às diferentes frequências do som. No caso de um som complexo e atendendo às especificidades do mesmo, a sua representação não corresponde a uma onda tipo sinusoidal e sim a uma curva complexa que resulta da sobreposição de várias curvas sinusoidais, sendo que cada uma destas traduz a intensidade associada a uma frequência específica [103].

Tendo em conta que a maior parte dos sons não assumem a natureza de tons puros, mas resultam da combinação de várias frequências associados a vários níveis, torna-se imperioso efectuar uma análise em frequência. O conhecimento do conteúdo em frequência de um determinado som é muito importante, na medida em que mais racionalmente se poderão controlar as suas causas. Esta análise em frequência de um som é denominada análise espectral. Registando num gráfico o nível de pressão sonora, em ordenadas, e a frequência correspondente, em abcissas, obtém-se aquilo a que se chama o espectro sonoro ou espectro em frequência de um som. No entanto, o espectro de frequências auditivo é bastante largo (varia dos 20 aos 20000 Hz), tornando impraticável, senão mesmo impossível, uma análise a cada frequência. Na prática, para caracterizar um ruído com um conjunto de valores reduzidos, o domínio das frequências de interesse é dividido em bandas de oitava e de um terço de oitava. As bandas de um terço de oitava utilizam-se, sobretudo, em análise ao ruído ambiental,

enquanto as bandas de oitava têm o seu campo de aplicação situado em análises ao ruído ocupacional [101, 102, 104].

Para efectuar uma análise de frequência, é necessário fazer passar o sinal através de um filtro que apenas deixa passar uma banda ou gama de frequência. Todos estes filtros encontram-se normalizados, de modo a permitir a comparação de medições entre instrumentos. O filtro é um dispositivo eléctrico ou electrónico que, idealmente, deixa passar uma dada gama de frequências e elimina todas as outras. Pode ser definido como um «passador» no domínio das frequências [84].

2.2 AUDIBILIDADE

Em virtude da estrutura do aparelho auditivo e das características do sistema nervoso relacionadas com a audição, é possível reagir-se de modo diverso aos sons de diferentes frequências, não obstante um mesmo nível de pressão sonora [103].

O nível de audibilidade é medido em *fonos* e corresponde, por definição, ao nível de pressão sonora de um som com uma frequência de 1 000 Hz. A unidade de intensidade audível é o *stone*, definido como a intensidade audível de um estímulo sonoro com frequência de 1 000 Hz e um nível de pressão de 40 dB [103].

O ouvido de uma pessoa saudável consegue ouvir sons que estejam situados no intervalo de 20 Hz a 20 kHz de frequência, e de 20 μ Pa a 100 Pa, de nível de pressão. É um sistema extraordinariamente sensível, com uma gama enorme em termos de amplitude (v. Fig. 2.5) [103].

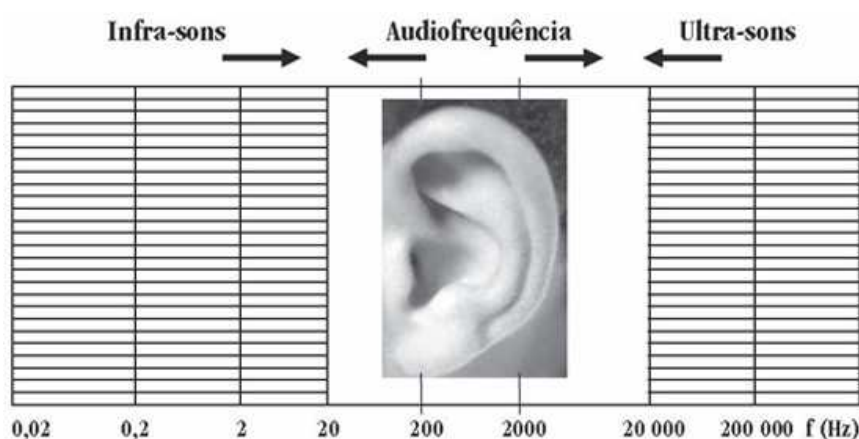


Figura 2.5 Campo típico de audição do ouvido humano [109].

É especialmente sensível às frequências entre os 500 Hz e os 4 000 Hz, que correspondem à banda de frequências na qual se concentra a maior parte da energia contida na voz humana (v. Tabela 2.1, Fig. 2.6) [104].

Tabela 2.1 Campo típico de audição do ouvido humano [104]

Frequência	20 Hz – 20 000 Hz
Intensidade	10×10^{-12} a 10 W m^{-2}
Pressão	20 μPa a 200 Pa
Nível	0 dB a 140 dB

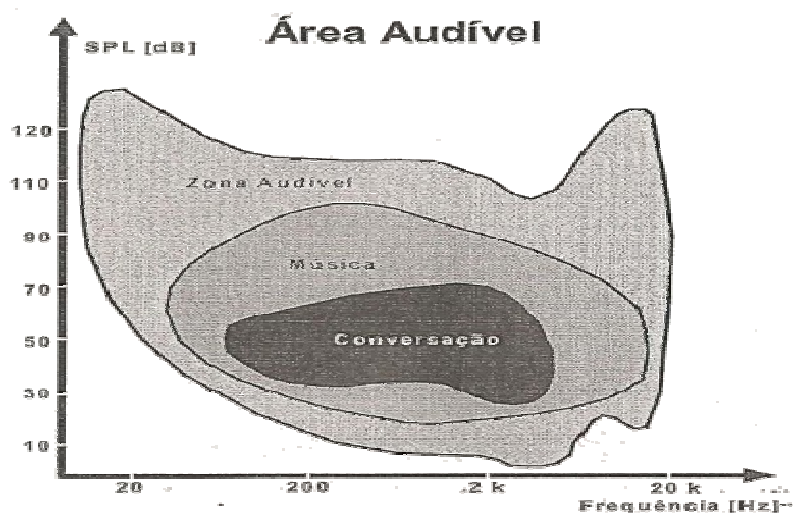


Figura 2.6 Área audível com indicação das zonas para os sons de música e da fala [104].

1. Limiar de Audição (*threshold of hearing*)

Define a intensidade mínima do som para ser ouvido; este nível decresce fortemente ao longo da banda do sinal de voz [102, 104].

2. Limiar de Sensibilidade (*threshold of feeling*)

Define a intensidade do som a partir da qual os sons são sentidos, podendo passar a causar dor e eventualmente danos nos ouvidos. Tipicamente, o limiar de dor (*threshold of pain*) é de 120 a 140 dB; a intensidade do som é medida em termos de nível de pressão do som, SPL (Sound Pressure Level) relativamente a uma referência de intensidade com $10^{-16} \text{ W cm}^{-2}$ a 1 kHz [84,102, 104].

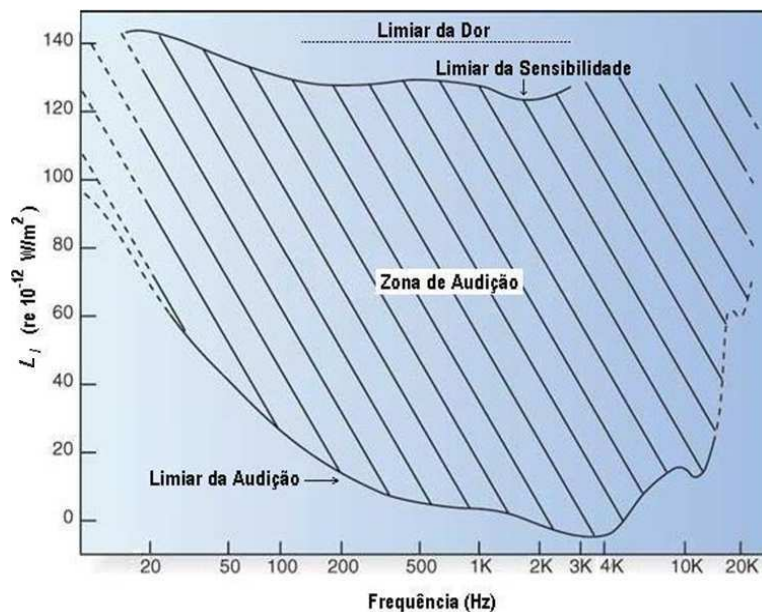


Figura 2.7 Resposta sensorial humana [103].

Na Figura 2.7 encontra-se uma representação gráfica da resposta sensorial humana e respectivos limiares associados à mesma, nomeadamente o limiar de audição, o limiar da sensibilidade e o limiar da dor. A frequência de máxima sensibilidade ocorre no intervalo entre os 3 000 e os 4 000 Hz que se deve à amplificação mediada pelo canal auditivo externo. Abaixo deste intervalo, o limiar auditivo aumenta com o decréscimo nas frequências. Acima do mencionado intervalo, o limiar também aumenta até atingir aproximadamente os 9 000 Hz onde decai para então começar a aumentar novamente. De facto, esta é a região onde ocorre uma maior variabilidade de dados, sendo a mesma inerente à subjectividade humana. À medida que a intensidade sonora aumenta, o sujeito experimenta uma sensação de aumento da intensidade auditiva até ao ponto em que a mesma dá lugar a uma sensação de formigueiro. O sujeito terá então atingido o seu limiar de sensibilidade, que ocorre aproximadamente para níveis de intensidade de 120 dBA. Analogamente ao limiar auditivo, o limiar da sensibilidade apresenta também uma correlação com a subjectividade humana, sendo, no entanto, a mesma menos significativa. Com o contínuo aumento da intensidade sonora, a sensação de formigueiro dá lugar a uma sensação de dor. Este estado corresponde ao limiar da dor e ocorre aproximadamente para níveis de intensidade de 130 a 140 dBA. O limiar da dor não se encontra definido com a mesma precisão que os restantes limiares, uma vez que as investigações nesta área acarretam consequências com maior potencial no que diz respeito a danos irreversíveis para a audição humana [104].

O ouvido responde, de forma relativamente lenta, a sons intensos recorrendo ao reflexo estapediano. Deste fenómeno resultará uma deslocação ascendente do limiar auditivo durante a exposição, sendo a mesma dependente da intensidade e duração do estímulo acústico. Após o cessar da fonte sonora, o limiar auditivo sofrerá uma deslocação descendente que, no caso de uma recuperação total do ouvido, resultará no retorno ao seu estado inicial. Nestas situações diz-se que o sujeito experimentou uma alteração temporária do seu limiar auditivo. O tempo necessário para que ocorra a total recuperação do ouvido será tanto maior quanto maior for a intensidade e duração do estímulo acústico. Se a exposição for demasiado longa e/ou intensa, o ouvido poderá não recuperar, sendo actualmente inexequível o retorno do limiar da audição ao seu estado inicial, situação na qual se diz que o sujeito sofreu uma alteração permanente do seu limiar auditivo. Todas estas alterações são passíveis de quantificação recorrendo a testes audiométricos [84].

Na Figura 2.8 é retratada uma simulação de uma possível alteração do limiar auditivo resultante de um evento acústico traumático, onde se consta que ocorrem perdas auditivas mais significativas na zona das médias e altas frequências.

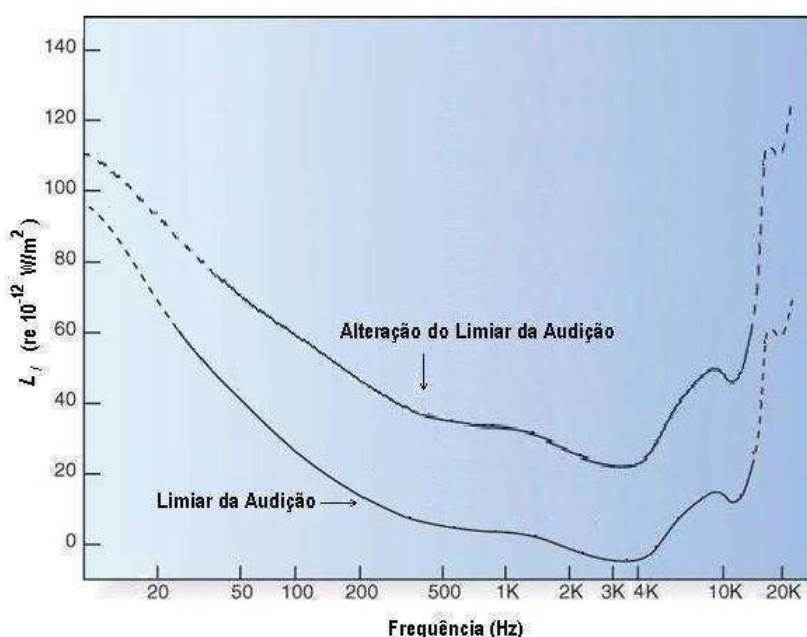


Figura 2.8 Alteração do limiar da audição [103].

2.3 CURVAS ISOFÓNICAS

Como já foi referido, a sensibilidade do ouvido não é idêntica em todas as frequências e varia consoante os níveis de pressão sonora. Fletcher e Munson estudaram essa relação entre a frequência, nível de pressão sonora e a percepção da intensidade sonora. Em resultado,

surtem as curvas de igual sensação sonora (linhas isofónicas), como é possível verificar na Figura 2.9. Cada curva representa um nível de percepção subjectiva da intensidade sonora, medido na frequência de 1 kHz [102, 103].

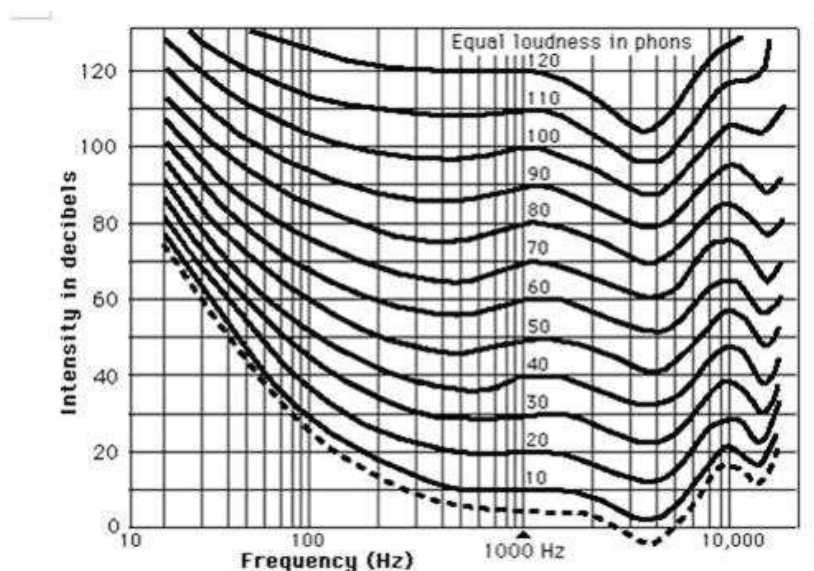


Figura 2.9 Linhas Isofónicas [103].

Analisando estas linhas verifica-se que, sendo baixo o nível sonoro, a audibilidade é muito dependente da frequência, tendendo a tornar-se linear com a elevação do mesmo.

Por exemplo, um som com a frequência de 1 000 Hz e um nível sonoro de 70 dB terá um nível de audibilidade de 70 fones, enquanto que os mesmos 70 dB a 63 Hz correspondem somente a 56 fones. O campo mínimo perceptível ou limiar da sensação auditiva, representado pela curva a tracejado, corresponde à linha isofónica de 4,2 fones. Por sua vez, o limiar da sensação dolorosa é de cerca de 120 fones. A maior sensibilidade auditiva situa-se entre os 250 e os 5 000 Hz [101].

2.4 CURVAS DE PONDERAÇÃO

A resposta do ouvido em frequência não varia linearmente, mas sim logaritmicamente. Assim, devem-se introduzir nos vários equipamentos de medição de níveis de pressão sonora, filtros de correcção ou atenuação, que correlacionem os valores medidos com a resposta do ouvido. Estes filtros têm a particularidade de atenuar o sinal sonoro de acordo com curvas de ponderação normalizadas internacionalmente e que seguem aproximadamente as curvas isofónicas. Com este propósito, foram desenvolvidas um conjunto de malhas de ponderação A, B, C e D, entre outras (v. Fig. 2.10) [104].

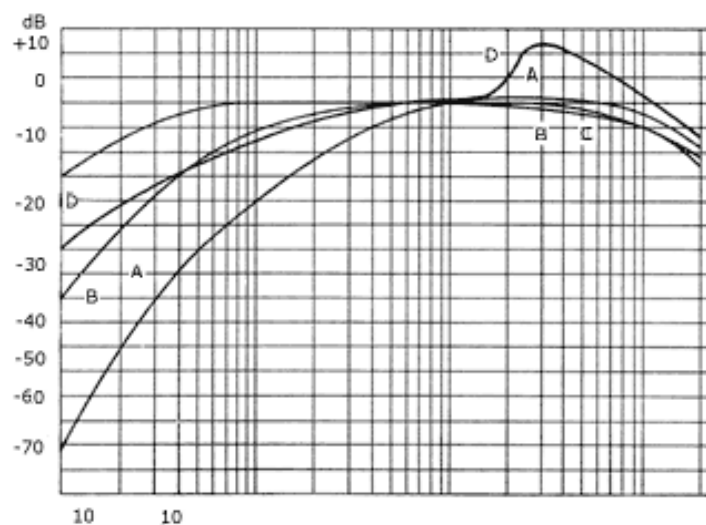


Figura 2.10 Curvas de ponderação de frequências [104].

A curva de ponderação A foi estabelecida de modo a que a atenuação traduzisse aproximadamente a resposta do ouvido humano. Os valores das medições realizadas através desta malha A são seguidos pela designação decibel ponderado A – dBA. A curva de ponderação B representa a atenuação para níveis sonoros intermédios. As curvas C e D não se encontram no gráfico. No entanto, a curva C representa a atenuação para os níveis sonoros elevados e a curva D foi proposta especificamente para medições de ruído de aviões. Esta curva D dá ênfase à contribuição das componentes do ruído do motor a jacto (frequências predominantes entre 1 000 e 10 000 Hz) e permite uma melhor avaliação dos efeitos causados por este ruído específico (v. Fig. 2.11). A ponderação L, como se verifica pelo gráfico, não representa qualquer atenuação, isto é, mantém o mesmo valor (igual a 0 dB) ao longo das várias frequências [84, 103].

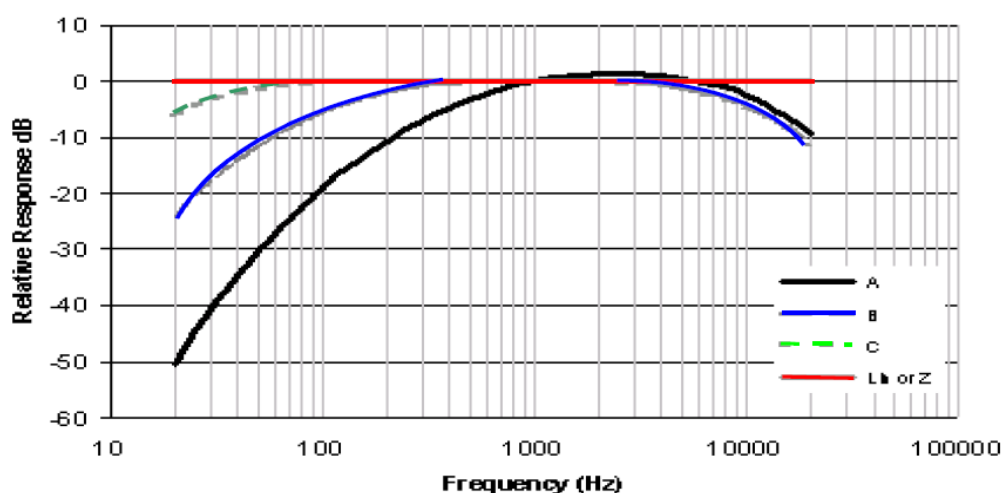


Figura 2.11 Comparação entre curvas de ponderação [109].

No âmbito do estudo e análise do ruído ocupacional, a metodologia mais importante e a mais utilizada é a curva de ponderação A, por ser aquela que melhor correlaciona os valores medidos com a incomodidade. Analisando o comportamento da curva de ponderação A, verifica-se que a baixas frequências a atenuação é elevada, diminuindo à medida que se aproxima de 1 000 Hz. Neste ponto, a atenuação da malha é nula. Entre os 1 000 e os 5 000 Hz, o nível sonoro medido sofre uma ligeira correcção positiva. Para frequências superiores a 5 000 Hz, o sinal sofre atenuações não tão acentuadas como nas baixas frequências. Assim, a curva de ponderação A, para as frequências centrais de banda de oitava, apresenta o seguinte comportamento (v. Tabela 2.2) [102]:

Tabela 2.2 Filtro de ponderação A e respectivas características [102].

Frequências Centrais (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Ponderação A	-26	-16	-9	-3	0	+1	+1	-1

2.5 EFEITO DE MASCARAMENTO

O efeito de mascaramento consiste no elevar do limiar auditivo para uma dada situação devido à presença de ruído de fundo, ou seja, não é mais do que o alterar da percepção de um som na presença de um outro. Descreve o comportamento do ouvido quando dois ou mais sons diferentes o estimulam simultaneamente ou num curto intervalo de tempo e consiste no “apagamento” parcial ou total de algumas componentes do sinal áudio devido à proeminência de outras componentes. Um som pode simplesmente “apagar” outro ou então aumentar o seu limiar de audição. O “som máscara” depende das circunstâncias: por exemplo, ainda que numa

feita se possa falar “normalmente” com alguém, qualquer distração pode resultar no barulho de fundo a mascarar a fala do interlocutor. O efeito de mascaramento não é altamente linear e os seus efeitos são muito variados (v. Fig. 2.12) [84, 103].

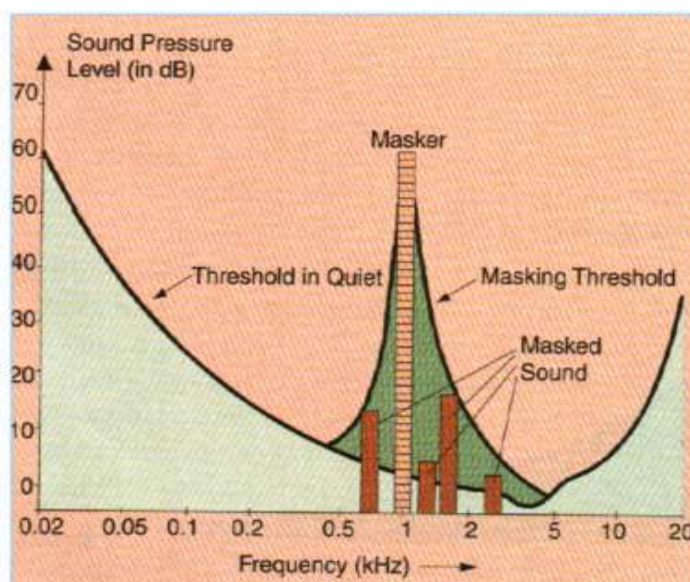


Figura 2.12 Efeito de mascaramento [110].

Na Figura 2.13 verifica-se que o limiar auditivo do sujeito aumenta devido a introdução de um sinal mascarador, que neste caso possui um nível de mascaramento de 16 dB. Isto significa que o fenómeno acústico, que inicialmente era perceptível com um nível de intensidade sonora de 10 dB, terá que ser alvo de um aumento de energia acústica para que se consiga sobrepor a máscara aplicada, o que resultará num novo limiar de audibilidade para um nível de intensidade sonora de 26 dB [103].

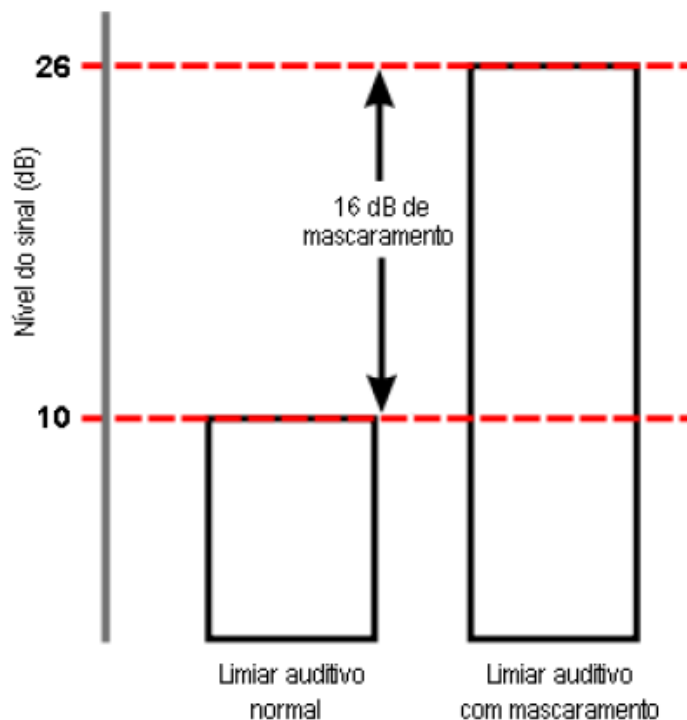


Figura 2.13 Limiar auditivo com mascaramento [103].

Na Figura 2.14 podem-se constatar os efeitos de mascaramento às frequências de 400 Hz e de 2 000 Hz.

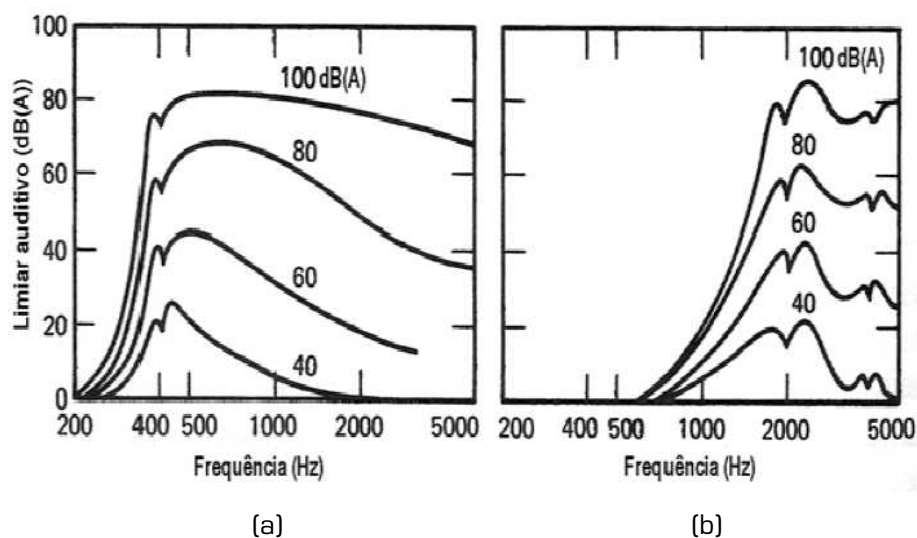


Figura 2.14 Efeitos de mascaramento às frequências de 400 Hz (a) e de 2000 Hz (b) [103].

Cada uma das máscaras representadas na Figura 2.14 é fixa para uma frequência e apenas incrementada em intensidade. O sinal a mascarar varia em frequência e em intensidade e desta forma é conhecida a energia necessária para atingir o limiar auditivo com mascaramento. Máscaras de maior intensidade e máscaras de menor frequência apresentam

maior eficiência uma vez que abrangem um maior intervalo de frequências. O aumento de eficiência é mais notório quando se recorre a máscaras de baixa frequência e este fenómeno deve-se às propriedades da membrana basilar. Embora o local de ressonância das baixas frequências esteja localizado no ápice da membrana basilar, estas frequências provocam também deslocções não negligenciáveis na base da mesma, concorrendo desta forma pelo mesmo local de ressonância das altas frequências o que resulta no mascaramento destas últimas. Por exemplo, perante um sinal de 1 000 Hz, uma máscara de 900 Hz a 43 dB terá a mesma eficiência do que uma máscara de 1 100 Hz a 75 dB [103].

2.6 INTELIGIBILIDADE

O conceito de inteligibilidade é de significativa importância para o ser humano uma vez que condiciona a nossa comunicação, mas é sobretudo pertinente nos casos em se verifica um contacto constante com meios ruidosos como e por vezes o caso em certos ambientes de trabalho. Uma perda de inteligibilidade traduz-se numa percepção limitada das palavras que são pronunciadas durante uma conversação, devido ao efeito de mascaramento. As consoantes, responsáveis pela maior parte da informação num discurso, são facilmente mascaradas pois contêm pouca energia e são constituídas por altas frequências. As palavras monossílabas são também mais facilmente mascaradas do que as bissílabas. Conforme se pode observar na Figura 2.15 esta propriedade é medida pela percentagem de frases e palavras correctamente percebidas perante variações da relação entre o sinal e o ruído ambiente [103, 104].

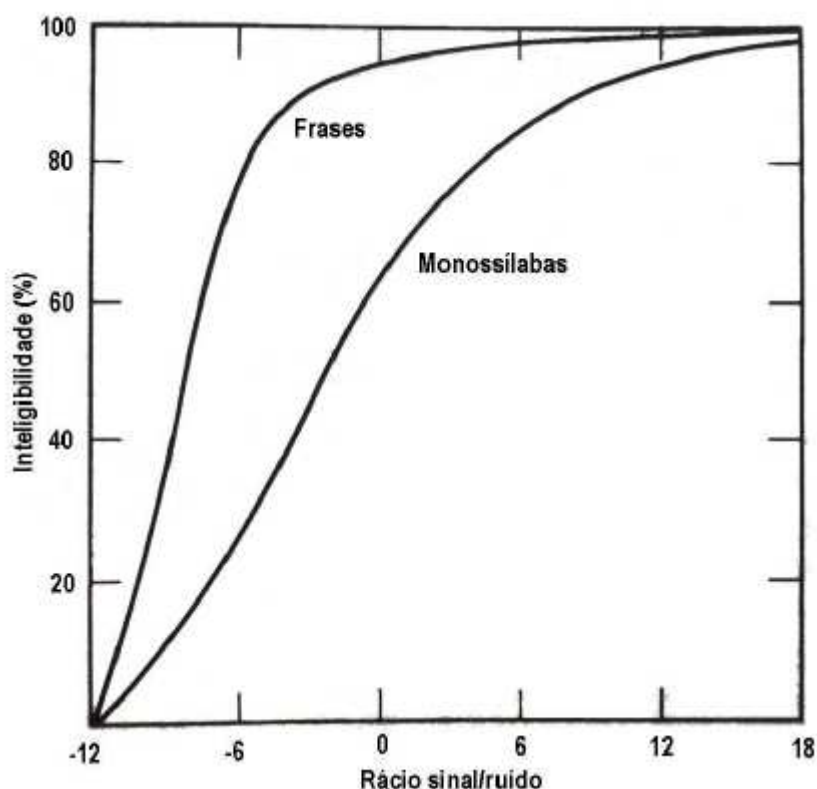


Figura 2.15 Inteligibilidade em conversação [103].

2.7 O RUÍDO

O ruído constitui uma causa de incómodo para o trabalho, um obstáculo às comunicações verbais e sonoras, podendo provocar fadiga geral e, em casos extremos, trauma acústico e alterações fisiológicas extra-auditivas [102].

Se pensarmos na dimensão clínica do som e, portanto, naquilo que se refere ao ruído podemos inferir que este último, sendo definido como um som prejudicial ao sistema auditivo, é definido segundo uma relação bilateral estabelecida entre as características do som propriamente dito e factores que dependem da forma como o sujeito o ouve. Assim, o ruído caracterizar-se-á, por um lado pela intensidade e/ou frequência do som e por outro pelo período de tempo que o ouvido humano está sujeito a esse mesmo som [84].

No que diz respeito a questões de gestão do ruído, a análise por frequência revela-se uma ferramenta de grande utilidade. Este tipo de análise pode ser definido como o processo através do qual, um sinal que varia ao longo do tempo no domínio temporal é transformado nas suas componentes de frequência no domínio da frequência. Pode ser utilizada para quantificar problemas de ruído, uma vez que ambos os critérios e controlos propostos são dependentes da frequência. Pode ainda ser utilizada para identificar componentes tonais nos ruídos,

identificar fontes de ruído e determinar a eficiência dos métodos de controlo aplicados às mesmas [84].

De forma a facilitar a comparação de medições efectuadas por vários instrumentos, a Organização Internacional de Normalização (ISO – International Organization for Standardization) harmonizou o uso das bandas de frequência para a análise e medição de ruídos. A banda mais frequentemente utilizada na análise por frequências é a banda de oitavas, isto é, uma banda cujo limite da frequência superior é aproximadamente duas vezes maior do que o limite inferior. Cada banda de oitava é representada por um valor médio, isto é, pela sua “frequência central”.

Ocasionalmente, é necessária informação mais detalhada sobre a composição do ruído, sendo então a mesma obtida mediante a selecção de bandas mais contíguas. Este é o caso do uso de bandas de terços de oitava, isto é, bandas de frequência com aproximadamente um terço da largura de uma banda de oitava.

2.7.1 TIPOS DE RUÍDO

Um ruído pode ser descrito pelo seu espectro de frequências, pelas variações de nível com o tempo e pelas características do campo sonoro.

A norma ISO 2204 : 1979 classifica segundo estes parâmetros os tipos de ruído mais frequentemente encontrados na prática.

2.7.1.1 DEPENDÊNCIA DO TEMPO

Segundo a dependência do tempo, o ruído pode classificar-se em estacionário ou contínuo (com flutuações de nível mínimas durante o período de observação) e não estacionário (com um nível variando significativamente durante o período de observação). Mais precisamente, pode afirmar-se que o ruído é estacionário ou uniforme quando a diferença entre os valores máximo e mínimo de L_{pA} , medidos com utilização da característica de resposta lenta de ponderação, for inferior a 5 dB, durante o período de observação (v. Fig. 2.16) [102, 103, 104].

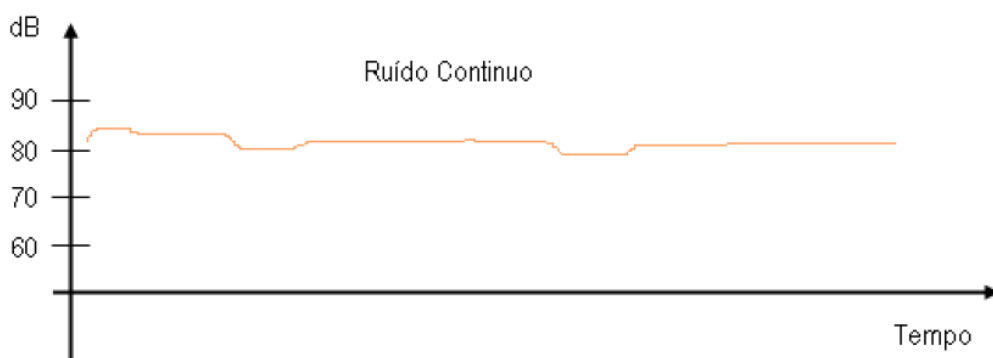


Figura 2.16 Representação esquemática típica de um gráfico de ruído contínuo [103].

O ruído não estacionário pode ser subdividido em três tipos: flutuante (com um nível que varia continuamente e numa extensão apreciável durante o período de observação), intermitente (com um nível que desce abruptamente para o nível de ruído de fundo várias vezes, durante o período de observação, mantendo-se constante durante um tempo de, aproximadamente, 1 segundo ou superior) e impulsivo (consistindo em um ou mais impulsos violentos de energia com uma duração igual ou inferior a 1 segundo e separados por mais de 0,2 segundos) (v. Fig. 2.17) [102, 103, 104].

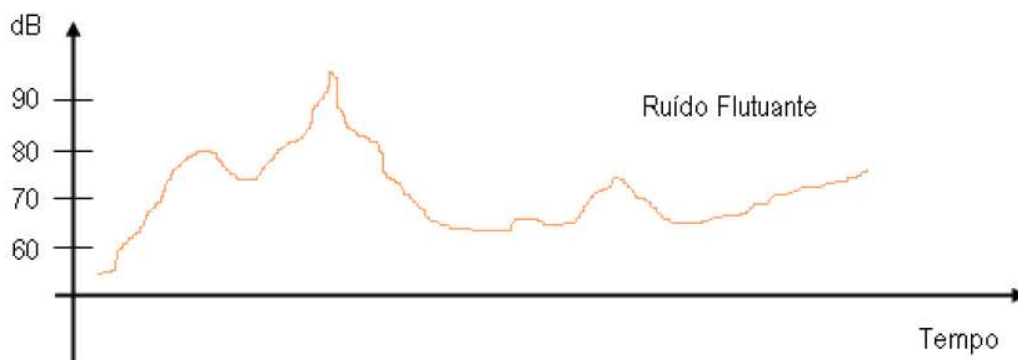


Figura 2.17 Representação esquemática típica de um gráfico de ruído flutuante [103].

Mais propriamente, pode dizer-se que se verifica a condição de ruído impulsivo quando a diferença entre o pico do nível de pressão sonora (valor máximo da pressão sonora, expresso em dB), L_{pico} , e o nível sonoro equivalente, $L_{Aeq, T}$, ponderado A medidos num intervalo de tempo representativo de duração superior a 5 minutos, é igual ou superior a 20 dB [102, 103, 104].

O ruído impulsivo pode, por sua vez, classificar-se em impulso isolado de energia e impulso quase estável (v. Fig. 2.18). Neste último caso verifica-se uma série de impulsos de amplitude comparável com intervalos menores do que 0,2 segundos entre os impulsos individuais. Esta tipologia de ruído é um fenómeno acústico associado às explosões e é considerado um dos tipos de ruído mais nocivo à audição, com intensidades que variam entre os 100 e os 140 dB [102, 103, 104].

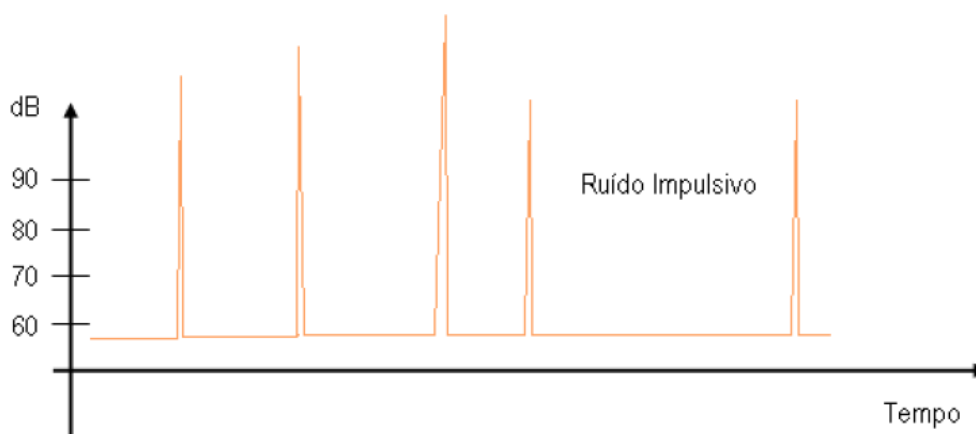


Figura 2.18 Representação esquemática típica de um gráfico de ruído impulsivo [103].

O ruído pode ainda ser classificado quanto às suas características tonais. Um ruído tonal pode ser contínuo ou flutuante e é caracterizado por apresentar uma maior concentração de energia sonora em uma ou duas frequências isoladas. Este tipo de ruído é muito mais irritante do que um outro que apresente o mesmo L_{eq} mas cuja energia se encontre dispersa por várias frequências. Para detectar as características tonais de um ruído é necessário verificar, recorrendo ao espectro de um terço de oitava, se o nível sonoro de uma banda excede o das adjacentes em 5 dB ou mais, caso em que o ruído é considerado tonal (v. Fig. 2.19) [102, 103, 104].

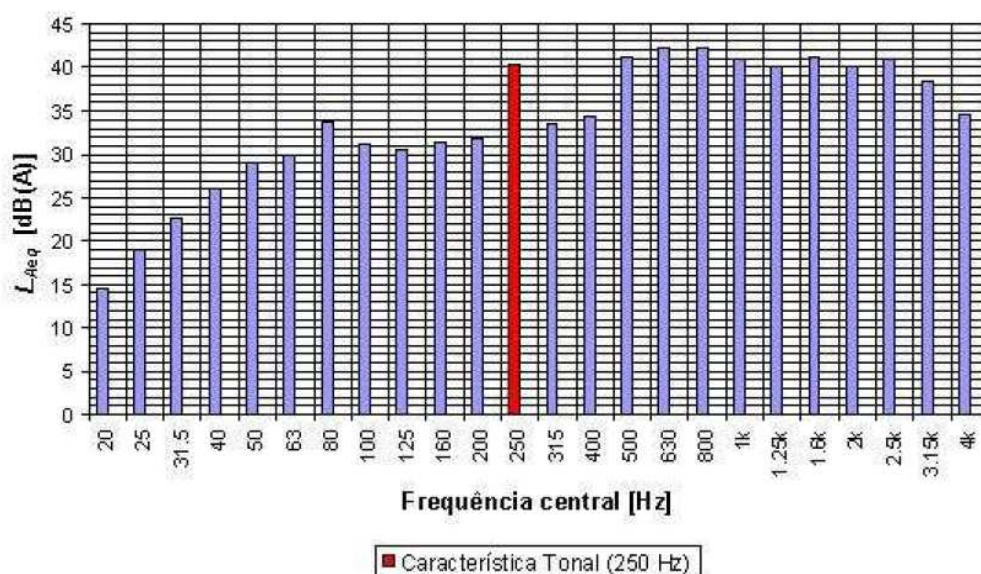


Figura 2.19 Exemplo de um ruído com características tonais na Frequência de 250 Hz [103].

2.7.1.2 CAMPO SONORO

As características do campo sonoro permitem a seguinte classificação:

- Campo livre: campo sonoro numa área afastada de superfícies reflectoras;
- Campo reverberante: porção do campo sonoro num recinto de ensaio em que a influência do som emitido directamente pela fonte é desprezável;
- Campo semi - reverberante: campo sonoro que prevalece num recinto amplo com superfícies moderadamente reflectoras;
- Campo divergente hemisféricamente: campo sonoro de uma fonte omnidireccional que está situada próximo de uma superfície reflectora rígida (geralmente o solo), mas livre de outras obstruções [102].

2.7.1.3 ESPECTRO DE FREQUÊNCIAS

Segundo o espectro de frequências os ruídos podem ser classificados em:

- Ruído branco – ondas sonoras periódicas que apresentam igual energia em todas as frequências de 100 a 10 000 Hz;

- Ruído rosa – é uma filtragem do ruído branco, abrangendo uma área mais reduzida no espectro audível, ou seja, a sua energia está igualmente distribuída na faixa de frequências de 500 a 4 000Hz;
- Ruído de conversação – como o ruído rosa, é outra filtragem do ruído branco, estando concentrada a energia na faixa de frequências de 500 a 2 000 Hz;
- Ruído de banda estreita – é definido como sendo uma filtragem selectiva do ruído branco, com a utilização de vários filtros electrónicos activos, cada um dos quais deixando passar a sua banda centrada na frequência do tom de teste [101].

2.7.2 MEDIÇÃO DO RUÍDO

Existem várias razões pelas quais se procede à medição do ruído, sendo as mais frequentes:

- Determinar os níveis sonoros susceptíveis de provocar dano auditivo ou deterioração de ambiente;
- Determinar a radiação sonora do equipamento;
- Obter dados para diagnóstico (por exemplo: planos para redução do ruído).

Estas medições obedecem a normas que indicam o modo de as efectuar e o tipo de aparelhagem a utilizar. As normas internacionais mais importantes são as publicadas pela ISO e pela IEC (International Electrotechnical Commission).

A escolha criteriosa dos instrumentos de medição, a utilizar na caracterização dos níveis de ruído, determina, na grande maioria das situações, a melhor ou pior consistência dos resultados obtidos. A selecção do equipamento encontra-se dependente dos dados da medição que se pretende obter para análise e do tipo de ruído que se pretende medir.

Actualmente, os equipamentos mais utilizados são o sonómetro e o dosímetro, devendo ambos possuir indicador de sobrecarga [102].

2.7.2.1 SONÓMETRO

Na concepção dos sonómetros é tido em conta que este instrumento deve responder ao som de forma aproximada como o faz o ouvido humano. Deste modo, o sonómetro reproduz, de forma mais fidedigna possível, as curvas isofónicas. O sonómetro é um instrumento que mede a pressão acústica.

Os sonómetros devem dispor de:

- Características temporais necessárias em função do tipo de ruído a medir;
- Ponderações em frequência A e C;
- Serem, de preferência, integradores (isto é, permitirem integrar ao longo do tempo o sinal medido);
- Cumprir, no mínimo, os requisitos equivalentes aos de classe de exactidão 2, sendo preferível a utilização de sonómetros de classe 1 para uma maior exactidão das medições [36].

Habitualmente, as medições de ruído são realizadas com base em determinada Norma Técnica e, assim, é a própria Norma que impõe o procedimento de medição.

Por vezes, existe a necessidade de identificar a composição espectral do sinal medido. Nestes casos, é necessário recorrer a sonómetros que disponham de capacidade de efectuar análises do domínio da frequência. Existem equipamentos específicos que efectuem a análise espectral de um modo paralelo, isto é, todas as bandas de frequência são medidas simultaneamente, enquanto noutros a análise é efectuada de forma sequencial. Hoje em dia, os sonómetros mais modernos integram todo o conjunto de valências possíveis num mesmo equipamento, possibilitando obter os vários níveis sonoros e, também, efectuar análise espectral (sonómetro integrador) (v. Fig. 2.20) [36].



Figura 2.20 Sonómetro integrador [105].

2.7.2.1.1 CLASSES DE SONÓMETROS

Os sonómetros devem verificar as normas, tais como a ANSI S1.4, no caso americano, ou as internacionais IEC 60651, IEC 60804 e mais recentemente a IEC 61672, que vem substituir as IEC 60651/60804. Estas normas classificam os sonómetros quanto às tolerâncias permitidas nas medições. Segundo a norma portuguesa NP 3496:1988, os sonómetros classificam-se em função da sua precisão nas seguintes classes:

- Classe 0: padrão de laboratório;
- Classe 1: de precisão;
- Classe 2: aplicações gerais;
- Classe 3: para estimativas e acções de fiscalização [102].

A medição do ruído ambiente e/ou laboral deve-se realizar com sonómetros da classe 1, ou pelo menos da classe 2. A classe 1 e 2 têm uma tolerância, definida pela IEC 60651, de $\pm 0,7$ dBA e $\pm 1,0$ dBA, respectivamente. Estas tolerâncias variam dependendo da frequência do som que é medido; relativamente à classe 3 de precisão, esta foi eliminada pela nova norma IEC 61672 [102].

Os calibradores utilizados para aferir a precisão do sonómetro, também são classificados por classes e devem estar em conformidade com a norma IEC 60942.

2.7.2.1.2 FUNCIONAMENTO DO SONÓMETRO

O sonómetro possui um microfone que detecta as pequenas variações de pressão provocadas por ondas sonoras e converte-as num sinal eléctrico. Este sinal é pré-amplificado passando posteriormente por circuitos de ponderação e/ou filtros [36, 104].

Os circuitos de ponderação alteram o sinal eléctrico, com base nas malhas de ponderação (A, B e C), de modo a que o sonómetro tenha uma resposta idêntica à sensibilidade do ouvido humano. Por sua vez, os filtros rejeitam todo o sinal que não pertença às bandas do espectro de frequências seleccionado. [36]

O sinal é novamente amplificado, passando posteriormente por um detector de RMS que determina o valor de RMS (*Root Mean Square*). A sensibilidade do detector de RMS face às variações do sinal é definida pela ponderação de tempo [36].

Existem três ponderações de tempo, *Slow* (1 s), *Fast* (0,125 s) e *Impulse* (0,035 s), alguns sonómetros ainda conseguem medir a pressão sonora de pico (*peak*), que corresponde ao valor máximo de pressão sonora registado durante a medição e que não é determinado pela RMS [36, 102].

Os valores medidos surgem no mostrador do sonómetro após todo o tratamento interno, com possibilidade de poderem ser guardados na memória ou transmitidos em tempo real para um computador, para posterior análise dos dados.

Para além da medição dos níveis de pressão sonora, alguns sonómetros ainda permitem determinar parâmetros acústicos, tais como as características impulsivas do som num intervalo de tempo, parâmetros estatísticos (L_{10} , L_{50} , L_{90}), nível de exposição sonora (SEL – Sound Exposure Level), níveis de pressão sonora equivalentes com tempos de integração definidos pelo utilizador e outros (v. Fig. 2.21) [36].

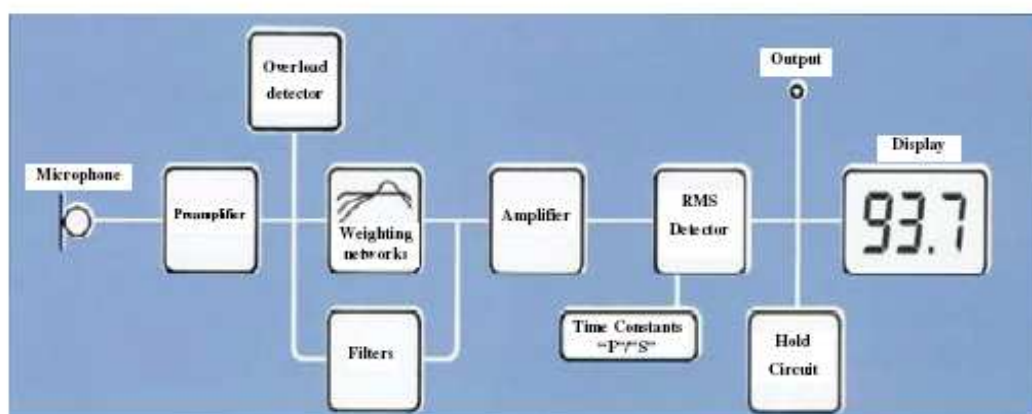


Figura 2.21 Esquema de funcionamento do sonómetro [36].

2.7.2.2 DOSÍMETRO

A utilização de dosímetros deve cumprir os seguintes requisitos.

- Estarem calibrados de forma a que, ao duplicar a energia sonora recebida, $L_{Ex,8h}$ aumenta 3 dB(A);
- Permitirem determinar os parâmetros $L_{Aeq,Tk}$ ou o $L_{Ex,8h}$ e o L_{Cpico} .

O dosímetro é um equipamento que permite monitorizar a exposição ao ruído constantemente, em termos cumulativos. É constituído, basicamente, por um microfone (que é colocado na proximidade do ouvido) e circuitos similares aos medidores de pressão sonora.

O campo de aplicação deste instrumento de medição situa-se nos casos de o ruído apresentar uma grande variabilidade. Este equipamento é aplicado ao trabalhador que o transporta durante o tempo de medição, permitindo a determinação da dose de ruído a que foi exposto. Mesmo que o trabalhador efectue eventuais pausas de trabalho ou períodos de descanso que ocorram durante o período de medição, deve manter sempre o dosímetro (v. Fig. 2.22) [104].

Estes equipamentos, ao serem colocados no trabalhador, registam os valores de nível de exposição pessoal diária ($L_{Ex,8h}$) e do nível de pressão sonora de pico (L_{Cpico}) durante o período de tempo necessário para ser representativo da exposição do trabalhador ao risco, obtendo-se directamente os resultados para oito horas de exposição diárias [104].



Figura 2.22 Dosímetro [104].

2.7.3 NÍVEL SONORO CONTÍNUO EQUIVALENTE (L_{eq})

Para se analisarem os efeitos dos vários tipos de ruído perante a exposição de um trabalhador, criou-se o conceito de Nível Sonoro Contínuo Equivalente (L_{eq}), que representa um nível sonoro constante, equivalente aos vários tipos de ruído durante o mesmo intervalo de tempo de exposição. A sua definição matemática, corresponde ao cálculo da média dos valores quadráticos da pressão sonora instantânea ($p(t)$) ao longo do período, T , em análise, o que exige do sonómetro a capacidade de integração no tempo (sonómetro integrador) [101, 103].

Se o nível sonoro contínuo equivalente num determinado período de medição, T , for obtido através de um filtro de ponderação A é designado por nível sonoro contínuo equivalente ponderado A (L_{Aeq}).

Podem utilizar-se sonómetros integradores para a medição do nível sonoro contínuo equivalente ponderado A, $L_{Aeq, T}$, de qualquer tipo de ruído, incluindo os ruídos de tipo impulsivo,

Os sonômetros integradores devem poder medir directamente o valor máximo do pico de nível de pressão sonora, $MaxL_{pico}$, e devem, preferencialmente poder ser equipados com um banco de filtros de banda de oitava ou de um terço de oitava de frequências centrais, conforme as normas CEI 225 de 1966 e ISO 266 -1975, de modo a poder fazer a análise em frequência de qualquer tipo de ruído, devendo as frequências centrais normalizadas dos filtros de banda de oitava em Hertz ser, no mínimo, as evidenciadas na Figura 2.23 [103, 104].

[illegible]

O conceito de nível sonoro contínuo equivalente pode aplicar-se a vários intervalos de tempo pré-definidos (v. Fig. 2.24). A legislação portuguesa define para efeitos de cálculo de exposição dos trabalhadores ao ruído diversos conceitos em função do tempo de exposição [103].

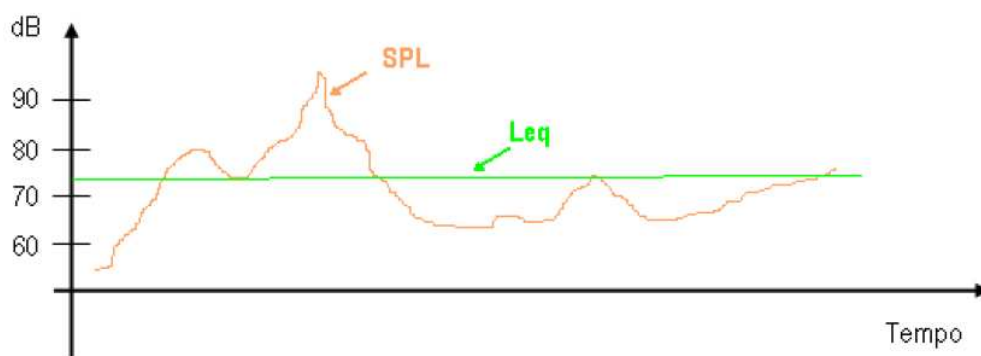


Figura 2.24 Nível sonoro contínuo equivalente [103].

2.8 ANATOMOFISIOLOGIA DO OUVIDO HUMANO

O sistema auditivo humano é responsável juntamente com os restantes sistemas sensoriais pelo controlo do ambiente externo. Pode afirmar-se, de forma simplificada, que este controlo envolve processos de natureza física, fisiológica e psíquica. Assim, enquanto o ouvido externo, médio e interno constituem a infra-estrutura anatómica associada ao processo físico, o processo fisiológico associar-se-á à conversão do estímulo físico em estímulo eléctrico ao nível das células ciliadas e do nervo coclear. Considera-se, ainda, um último processo que diz respeito à condução e posterior integração dos estímulos eléctricos ao nível do Sistema Nervoso Central, nomeadamente ao nível do tronco cerebral e do córtex do lobo temporal [84, 101, 102, 103].

A capacidade auditiva do ser humano e dos seres vivos em geral implica não só a capacidade de detecção de ondas de pressão, mesmo quando estas são de reduzida intensidade, como também a capacidade de discriminação de sons infimamente diferentes na sua natureza. Claro que estas capacidades são depois complementadas pelas características únicas do Sistema Nervoso Humano que permitem a integração e a percepção dos sons, a reacção adequada aos mesmos e por conseguinte a harmonia bio – psico – social do homem com o meio onde está inserido [84].

Desta forma, é facilmente perceptível a complexidade anatomofisiológica que o sistema receptor do som (ouvido) tem de ter para conseguir cumprir estes pré-requisitos da audição. Em termos funcionais e partindo da premissa “som como entidade física”, o mecanismo de audição prende-se com a sucessiva conversão de formas energéticas até atingir a forma de energia eléctrica que é a forma de transmissão nervosa [84].

O som reside numa onda de pressão de ar que acarreta fenómenos de vibração. Em termos anatomofisiológicos, são estas ondas de pressão de ar que alcançam a porta de entrada do sistema receptor do som, isto é, do ouvido [84].

Assim circulando, inicialmente sob a forma de ondas de pressão de ar, o som passa o canal auditivo externo e atinge a membrana timpânica. Tratando-se de ondas de pressão, a membrana timpânica absorve esse choque, o qual se vai propagar aos ossículos do ouvido, não fora o facto de a membrana timpânica lhes estar ligada. É com este choque e pela sua propagação aos ossículos que a energia associada, inicialmente, a uma onda de pressão de ar, se converte em energia mecânica passível de movimentar os referidos ossículos presentes no ouvido médio. É o movimento 29 destes ossículos que vai, por sua vez, estimular o estribo na janela oval presente na parede do ouvido médio, sendo que este origina, ao nível do ouvido interno, a movimentação da perilinfa e da endolinfa. A passagem do impulso mecânico dos ossículos aos fluídos do ouvido interno acarreta, assim, a conversão da energia mecânica em energia hidráulica. A energia hidráulica traduzida pela ondulação dos líquidos vai ser capaz de estimular os esterocílios do Órgão de Corti, na cóclea, convertendo-se em energia eléctrica passível de estimular a condução nervosa para os centros superiores. É através dos fenómenos de recepção e integração a nível do sistema nervoso que o indivíduo é, depois, capaz de ouvir o som, conseguir isolá-lo dos ruídos de fundo, e compará-lo com sons que fazem parte da sua “base de dados”, de forma a interpretá-lo [36, 84, 101,102, 103].

Todo este percurso do som, desde a sua fonte sonora, até à apreensão completa do mesmo pelo indivíduo implica as várias energias descritas e tem por base uma fascinante e complexa base anatómica estreitamente relacionada com os preciosismos e detalhes de uma fisiologia que a complementa de forma inequivocamente perfeita.

Em termos de localização anatómica e sob ponto de vista estritamente físico, o processamento inicial da informação auditiva decorre em três compartimentos sucessivos que constituem, na sua globalidade, o ouvido. Esses compartimentos designados como ouvido externo, ouvido médio e ouvido interno localizam-se ao nível do osso temporal, mais especificamente no rochedo do temporal (v. Fig. 2.25). Esta estrutura óssea que faz parte da base do crânio constitui a porção lateral da fossa craniana média, estando em íntima relação com o córtex auditivo localizado ao nível hemisférico, no lobo temporal [36, 84,101,102,103,104].

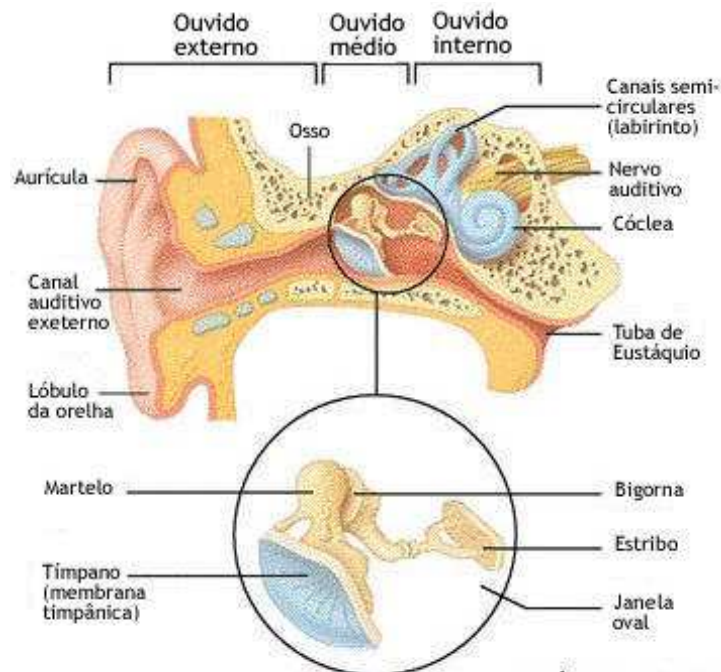


Figura 2.25 Anatomofisiologia ouvido humano [84].

2.8.1 ANATOMIA DO OUVIDO

2.8.1.1 ANATOMIA DO OUVIDO EXTERNO

O ouvido externo é constituído pelo pavilhão auricular e pelo canal auditivo externo (v. Fig. 2.26). O pavilhão auricular é uma estrutura que está localizada entre o processo mastóideu do osso temporal e a articulação temporomandibular e possui um “esqueleto” cartilágineo elástico revestido por tecido cutâneo com pouco tecido subcutâneo interposto. A forma diferenciada desta estrutura em que são observáveis estruturas como o trago, o anti-trago, a hélix e a anti-hélix varia de pessoa para pessoa, mas apresenta como ponto comum a toda espécie humana o facto de ser constituído por um funil espiralado cujo vértice comunica com o canal auditivo externo [84,102,103].

Esta morfologia específica associa-se à vantagem de poder reunir e amplificar as vibrações recebidas fazendo-as, depois, variar na sua frequência e na direcção que assumem, conduzindo-as a um aumento de frequência da ordem de 20 dB e alterando a direcção da onda de pressão e encaminhando o som até ao canal que se lhe segue, ou seja, ao canal auditivo externo. Desta forma, o pavilhão auricular terá por função “auxiliar” o Sistema Nervoso Central na localização do som. A forma espiralada do pavilhão auricular cumpre ainda a função de protecção do ouvido externo, já que não constitui uma via directa de acesso ao canal auditivo externo e componentes auditivos que se lhe seguem. Pelo contrário, trata-se de uma via

caracterizada por acidentes anatómicos que, assim, dificultam o trajecto de agentes invasores [84,102,103].

O canal auditivo externo (v. Fig. 2.26) não passa de um canal com uma porção fibrocartilaginosa externa e uma porção mais interna de natureza óssea. Todo este canal é revestido por tecido cutâneo fortemente aderido ao perióstio, na metade interna, ao qual se associam externamente glândulas sudoríparas modificadas, secretoras de cerúmen, e folículos pilosos com pêlos associados. Tanto as glândulas ceruminosas como os pêlos estão associados a uma função de protecção, impedindo a entrada de agentes estranhos pela porta aberta para o interior do organismo que o ouvido constitui, dado que tanto um como outros constituem uma via mecânica de defesa ao procurar reter os agentes invasores, impedindo-os de progredir ao longo do canal auditivo externo. São ainda relevantes em termos defensivos as características repelentes do cerúmen [84,102,103].

Quanto à configuração do canal auditivo externo, esta é curvilínea, irregular de concavidade inferior e posterior, sendo que o seu diâmetro varia entre 9 e 4,6 mm. Este canal que constitui uma das vias de propagação da onda sonora funciona como câmara de ressonância que altera as propriedades desse mesmo som. Também inerente a esta estrutura e para além da presença de cerúmen e pêlos, existe uma função de protecção, já que a sua secção circular interna de pequeno diâmetro condiciona uma redução da exposição da membrana timpânica que exhibe um diâmetro maior [84,102,103].

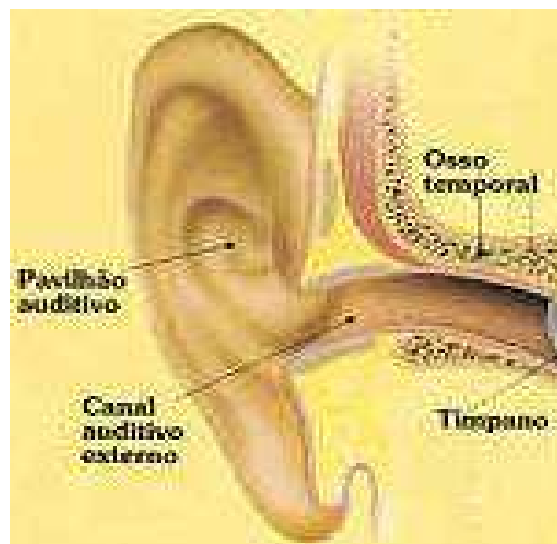


Figura 2.26 Anatomia ouvido externo [84].

2.8.1.2 ANATOMIA DO OUVIDO MÉDIO

O ouvido médio corresponde a uma caixa - de - ar limitada por paredes ósseas que se localiza na espessura da porção petrosa do osso temporal, entre o canal auditivo externo e o ouvido interno, fazendo a protecção deste último. Trata-se de uma entidade anatómica que funciona como um adaptador da impedância, ao transferir as ondas sonoras do ouvido externo para o ambiente líquido do ouvido interno. A sua configuração geométrica é semelhante a uma lente bicôncava, pelo que se podem considerar uma parede externa, uma parede interna e para além destas, as paredes superior e inferior e anterior e posterior que, no seu conjunto, conformam a porção circunferencial da cavidade timpânica [84, 103].

É nesta caixa - de - ar revestida por uma mucosa timpânica que se encontram os três ossículos do ouvido (martelo, bigorna e estribo) que, funcionalmente, estabelecem uma união entre a membrana timpânica e a janela oval [84,103].

A parede externa ou lateral que comunica com o canal auditivo externo, não é uma parede óssea; na realidade trata-se de uma parede constituída pela membrana timpânica. A separação anatómica entre o ouvido externo e o ouvido médio faz-se à custa desta estrutura de natureza membranosa. Trata-se de um tecido constituído por três camadas que se encontra sob tensão de forma que, ao sofrer o “impacto” da onda sonora responda com fenómenos vibratórios cuja intensidade será proporcional à intensidade do som e cuja velocidade de vibração será proporcional à frequência do som. Estes movimentos vibratórios da membrana do tímpano e dado que esta se encontra unida ao martelo vão, depois ser convertidos em energia mecânica que é depois transmitida á globalidade dos ossículos cuja função associada corresponde á amplificação seriada desta mesma onda. A união que estabelece o martelo com a membrana timpânica permite a sua divisão em três regiões, onde se incluem as duas metades da *pars* densa e a *pars* flácida, estando a *pars* densa numa posição inferior à *pars* flácida. A diferente consistência das duas porções da membrana timpânica condiciona a sua vibração a distintas frequências, sendo a porção mais inferior (*pars* densa) a que mais contribui para a audição [84].

Em toda a sua circunferência, a membrana timpânica está aderente a uma estrutura que corresponde a um anel fibroso que se insere em torno da parede óssea da metade interna do canal auditivo externo.

A parede interna ou medial é óssea com região central proeminente, formando o promontório. Ainda nesta parede é possível encontrar, supero - posteriormente ao promontório, a janela oval e numa posição infero-posterior a janela redonda. Estas janelas ovais e redondas estabelecem contacto com o ouvido interno, já que é a parede medial do ouvido que constitui a interface

destes dois compartimentos. A janela oval é constituída por uma estrutura membranosa, a qual está unida à platina do estribo que é mantida nesta posição pelo referido ligamento anular. Esta janela estabelece a comunicação do sistema ossicular com a rampa coclear do labirinto membranoso do ouvido interno. Já a janela redonda apenas é formada por uma estrutura membranosa. Esta janela tem a seu cargo a dissipação da pressão hidráulica do ouvido interno resultante da energia transmitida pela vibração da janela oval e do movimento dos fluidos do ouvido interno para estimulação do Órgão de Corti. De entre as estruturas relevantes associadas ainda à parede interna do ouvido médio, são de salientar a presença do músculo do estribo e a presença do músculo do martelo [84, 103].

A parede superior da cavidade timpânica corresponde ao bordo superior e à face ântero-superior do rochedo do temporal, sendo formada por uma fina lâmina óssea designada por *tegmen tympani* que separa a cavidade craniana da caixa timpânica [84].

A parede inferior separa o ouvido médio da fossa jugular e correspondente ao seio jugular, podendo ainda estar deiscente [84].

Quanto à parede posterior ou mastóideia, esta caracteriza-se por apresentar o canal timpânico - mastóideu que estabelece a comunicação entre a cavidade timpânica e a mastóide (cavidade aérea presente no interior do processo mastóideu do osso temporal).

A parede anterior está ocupada pela trompa de Eustáquio, pelo canal do músculo do martelo e por pequenos orifícios destinados à passagem dos feixes nervosos carótico-timpânicos. A trompa de Eustáquio é uma estrutura que permite a manutenção da pressão do ar ao nível do ouvido médio em níveis fisiológicos. Desta forma, a trompa de Eustáquio que é um canal colapsado que faz a comunicação entre a cavidade do ouvido médio e a nasofaringe. Esta estrutura faz a equalização entre a pressão exterior e a pressão do ouvido médio [84].

Quanto às estruturas de maior relevância do ouvido médio, nomeadamente os ossículos do ouvido, estes assemelham-se a uma ponte que, estabelece a conexão entre as ondas de pressão de ar que estão na génese do som e as ondas de pressão hidráulica que circulam no ouvido interno. O martelo que é o ossículo de posição mais externa é constituído pela cabeça, colo, processo do martelo e manúbrio. O manúbrio cuja designação se atribui à semelhança que este estabelece com o punho de uma espada, está embebido pela membrana timpânica e a superfície redonda lisa e convexa da cabeça está unida ao ossículo que latero-medialmente se lhe segue, a bigorna. A bigorna é o ossículo de posição intermédia constituído pelo corpo e por dois ramos divergentes entre si, sendo que é através do corpo que este se une ao martelo. O estribo é constituído por cabeça, platina e crura anterior e posterior. A cabeça do estribo articula com a bigorna e, a partir desta, emergem dois ramos (cruras) que acabam por se unir

a uma base de morfologia oval (platina), a qual vai ser responsável pela obliteração da janela oval da parede interna da cavidade timpânica (v. Fig. 2.27) [84,102,103].

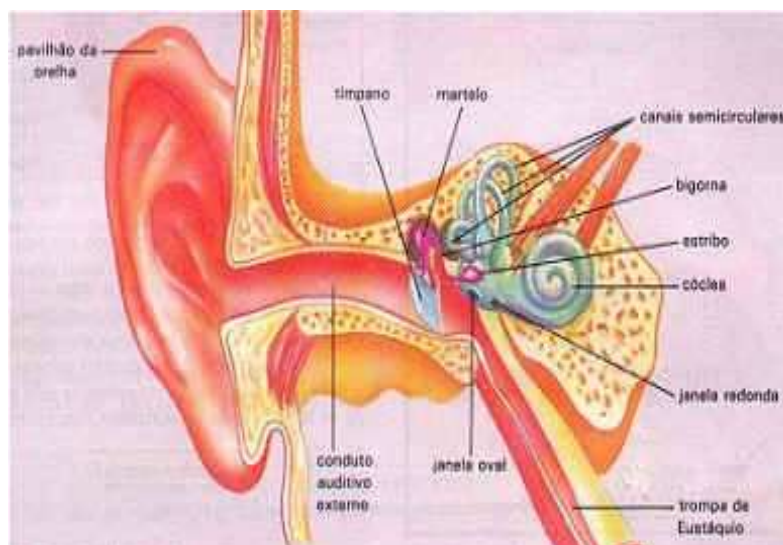


Figura 2.27 Anatomia ouvido médio [84].

2.8.1.3 ANATOMIA DO OUVIDO INTERNO

O ouvido interno, onde se situam os receptores periféricos da audição e equilíbrio, é uma estrutura complexa constituída por um somatório de cavidades que se designa por labirinto ósseo. Por sua vez, no interior deste labirinto, encontram-se cavidades de natureza membranosa que constituem o designado labirinto membranoso. Esta estrutura encontra-se rodeada por um ambiente fluído e preenchido por endolinfa [84, 101, 102, 103].

Relativamente ao labirinto ósseo, importa referir que é constituído pelo vestíbulo ósseo, pelos canais semi-circulares ósseos e ainda pela cóclea. O vestíbulo ósseo de morfologia cubóide tem a sua parede externa em relação com o ouvido médio, ocupada pelo orifício correspondente à janela oval [101, 102, 103].

Os canais semicirculares ósseos são canais encurvados e de secção elíptica que tendo origem a nível do vestíbulo, seguem um trajecto circular, terminando ao nível do mesmo vestíbulo. Trata-se de três canais, superior, posterior e externo, que entre si formam ângulos de 90°, mimetizando desta forma as três dimensões do espaço e estando por isso associados à fisiologia do equilíbrio.

Relativamente à cóclea, trata-se de uma estrutura que se assemelha a um cone de base posterior. Esta estrutura pode dividir-se em três porções principais: o núcleo, uma lâmina óssea correspondente aos contornos e uma lâmina espiral responsável pela divisão do canal

da cóclea em rampas vestibular e coclear. O núcleo ou modíolo corresponde ao eixo da cóclea é o local através do qual passam os vasos cocleares e as estruturas nervosas provenientes dos receptores da audição. É uma estrutura constituída por pequenos orifícios correspondentes ao corte transversal de um canal contínuo que circunda de forma espiralada a zona de transição entre o modíolo e os contornos da cóclea óssea. A lâmina óssea que conforma os contornos da cóclea, não é mais do que um canal de paredes ósseas que forma duas voltas e três quartos em torno do modíolo. A lâmina espiral que se introduz no canal da cóclea, logo na origem deste, vai dividir o lúmen deste canal em três rampas que se estendem ao longo das três voltas: duas rampas vestibulares (periféricas) e uma rampa timpânica (central). Estas rampas percorrem todo o trajecto espiral da cóclea e acabam por fundir-se num orifício de secção redonda localizado no vértice do “cone coclear” que se designa por helicotrema [84,101, 102, 103].

Relativamente ao labirinto membranoso e entendendo-o, morfológicamente, como uma réplica do labirinto ósseo, vai ser constituído pelo vestíbulo membranoso, canais semicirculares membranosos e cóclea membranosa, sendo que esta última, como já referido, se encontra imersa na perilinfa, estando preenchida por endolinfa. O vestíbulo membranoso é, na prática constituído pelo sáculo e pelo utrículo, sendo que se trata de duas vesículas que dispostas sequencialmente com o sáculo numa posição inferior ao utrículo são responsáveis pelo equilíbrio. A cóclea membranosa, com morfologia sobreponível à cóclea óssea é a estrutura associada aos mecanismos físicos de conversão da onda de vibração inicial em energia eléctrica passível de estimulação nervosa. Na prática a cóclea membranosa que se encontra no interior da cóclea óssea permite a formação de um canal extenso designado por canal coclear. A cóclea membranosa descreve assim 2,5 voltas em espiral em torno do modíolo separando a rampa vestibular da rampa timpânica. Desta forma trata-se de um canal com uma configuração triangular e que se designa por rampa coclear [84,101, 102, 103].

No ouvido interno e tal como anteriormente referido, circulam os dois fluidos distintos que transportam em si as vibrações decorrentes do impacto do estribo na janela oval, a endolinfa e a perilinfa. A endolinfa, líquido de coloração clara de composição semelhante ao fluido extracelular (com elevadas concentrações de potássio) preenche de forma contínua todas as cavidades que constituem o labirinto membranoso, ou seja, o sáculo, o utrículo, os canais semicirculares e a cóclea [84, 103].

Quanto à perilinfa de abundante conteúdo de sódio e, por conseguinte, semelhante em composição ao fluido cérebroespinal, preenche de forma contínua os espaços existentes entre o labirinto ósseo e o labirinto membranoso. O aparelho de percepção associado à função auditiva é constituído pelo ouvido interno particularmente pelo Órgão de Corti, pelo nervo

periférico vestibulo-coclear (VIII par craniano), pelas vias nervosas, pelos núcleos associados ao Sistema Nervoso Central e pelos centros superiores, entre os quais o córtex cerebral do lobo temporal [84].

O Órgão de Corti corresponde a uma zona do epitélio coclear, o qual reveste internamente e de forma contínua o canal/rampa coclear. Constituído por células sensitivas e por células de sustentação, é o órgão sensitivo acústico por excelência. Esta estrutura fundamental para a conversão das vibrações do fluido labiríntico em estimulação eléctrica, caracteriza-se por ser uma estrutura anatómica peculiar e complexa que permite a detecção de distintas frequências de som. De conformação piramidal, com o vértice em posição centrípeta e assente no pavimento da rampa timpânica, o Órgão de Corti é constituído por quatro camadas de células sensitivas, por células de suporte e por células de Hensen, sendo limitado superiormente pela membrana tectória. Para além destes três tipos de células há ainda que considerar as que revestem o pavimento da rampa timpânica. Tendo em linha de conta a morfologia geral do Órgão de Corti, este pode considerar-se como sendo constituído pelas duas arcadas de Corti que sendo, por sua vez, constituídas cada uma delas por um pilar externo e outro interno de células de suporte, conformam uma espécie de galeria que se designa por Túnel de Corti. Podem ainda descrever-se as células que formam o designado sulco interno e as células que formam o sulco externo, sendo que ambas limitam a cada lado o túnel de Corti. A membrana tectória cuja extensão abrange não só o sulco interno, como também o Túnel de Corti, assume um papel relevante na anatomofisiologia do ouvido já que contacta, pela sua superfície inferior, com as extensões apicais das células sensitivas, extensões designadas por estereocílios. Trata-se de projecções apicais das células sensitivas, sendo que a sua constituição é distinta dos cílios por não possuírem mobilidade autónoma. A designação de células ciliadas que se atribui às células sensitivas deve-se à existência destas estruturas análogas aos cílios na sua membrana apical. As células sensitivas/ciliadas do Órgão de Corti estão dispostas em quatro fiadas ao longo do canal coclear, sendo que cerca de 3 500 destas, designadas por células ciliadas internas, se encontram na região medial da membrana basilar em relação com o módolo. Quanto às células ciliadas externas estas perfazem a maioria das células (cerca de 20 000) organizando-se em três fiadas dispostas em V e estabelecendo uma relação estreita com a única fila de células ciliadas internas. São as células ciliadas externas que tendo os seus cerca de 100 estereocílios organizados em V estão embebidas na membrana tectória e que são responsáveis pelo ajustamento da resposta coclear às diferentes frequências do som, permitindo às células cocleares internas transmitir com maior precisão a informação auditiva às fibras sensitivas do nervo coclear. Tanto as células ciliadas internas como as células ciliadas externas fazem sinapses com fibras nervosas que se encontram na sua base, sendo que as células ciliadas externas estabelecem essas sinapses com neurónios motores e sensitivos e as

células ciliadas internas apenas estabelecem sinapse com os neurónios sensitivos. As células de sustentação associam-se não só a uma função de suporte mecânico como também fazem o suporte funcional das células sensitivas [84, 103].

Relativamente ao suporte funcional este entende-se como sendo uma manutenção funcional associada à homeostasia hidro - electrolítica do ouvido. Incluído neste grupo de células está a estria medular muito associada à homeostasia do potássio que é essencial para a geração dos potenciais de acção associados à audição [84].

Quanto ao nervo vestibulo - coclear, este tem origem ao nível de células ciliadas do órgão de Corti. Emerge do crânio ósseo através do meato acústico interno e faz o seu percurso em direcção aos centros superiores [84].

Por fim, em termos de variabilidade anatómica, o ouvido humano apresenta características distintas no que concerne à espessura do tabique coclear, à espessura da membrana basilar e tectória e ainda à vascularização, à taxa metabólica e à inervação aferente e eferente da estrutura. Esta variabilidade condiciona uma maior ou uma menor susceptibilidade do indivíduo a lesões traumáticas, sendo relevante assinalar que a susceptibilidade individual do ouvido humano é de natureza multifactorial envolvendo não só as especificidades anatómicas inerentes como também as características bioquímicas e até patológicas, entre outras (v. Fig. 2.28, Fig. 2.29) [84].

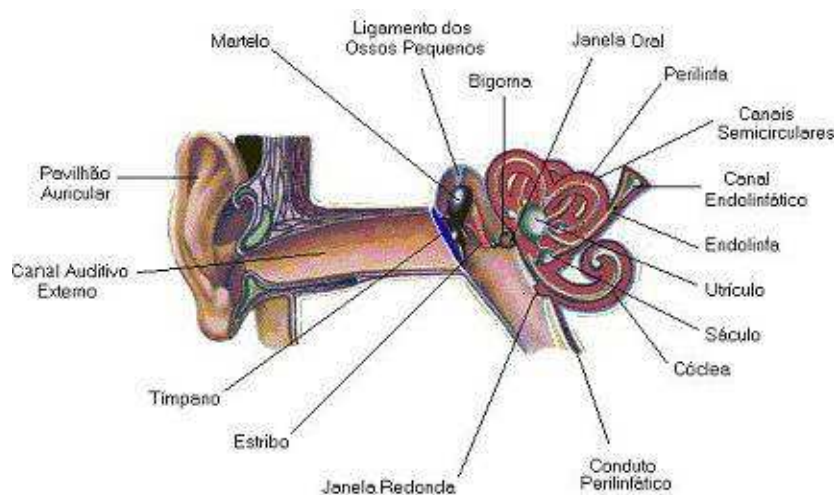


Figura 2.28 Anatomia ouvido interno [84].

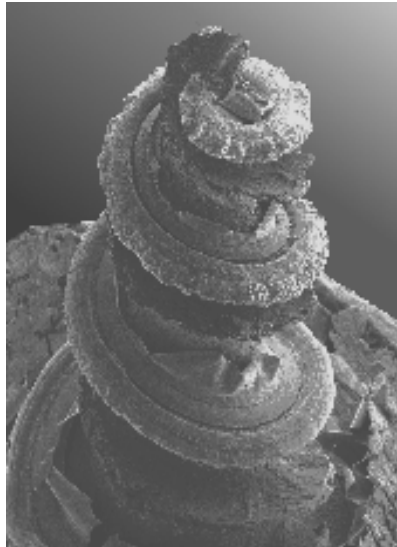


Figura 2.29 Cóclea [104].

2.8.2 FISILOGIA DO OUVIDO

A audição corresponde à “percepção dos sons pelo ouvido, à faculdade ou acção de ouvir ou escutar” (*in* Dicionário Universal da Língua Portuguesa). Ao considerarmos o conceito de percepção na definição de audição, pode dizer-se que, implícitos na fisiologia auditiva existem componentes distintos e complementares que correspondem respectivamente:

- Um processo mecânico de transmissão do som desde que chega ao pavilhão auricular até que atinge o Órgão de Corti;
- Um processo de transdução que se associa à conversão do sinal mecânico em sinal eléctrico;
- Um processo de condução do estímulo eléctrico sob a forma de impulsos nervosos provenientes do Órgão de Corti, em direcção ao córtex cerebral onde irão sofrer o processo de integração (*v.* Fig. 2.30).

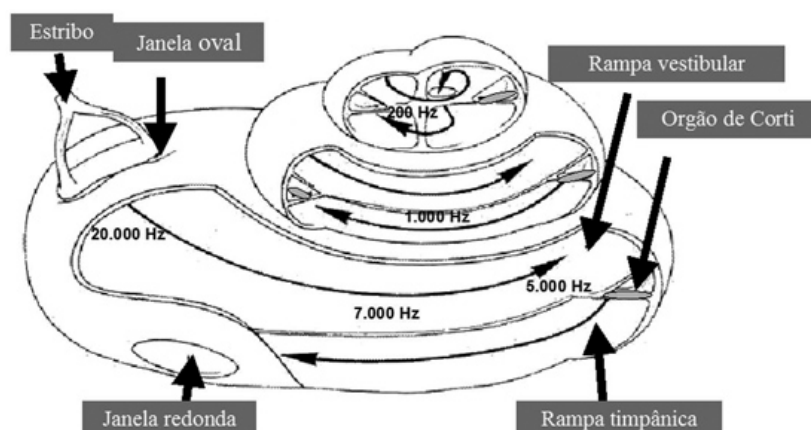


Figura 2.30 Secção da Cóclea [102].

2.8.2.1 TRANSMISSÃO MECÂNICA

O processo mecânico de transmissão dos sons inicia - se ao nível do pavilhão auricular, o qual, com a sua forma em espiral, é responsável pela recolha e canalização do som como energia vibratória através do canal auditivo externo. O canal auditivo externo, em forma de S é, por sua vez, responsável pela concentração desse som e pela alteração da direcção das ondas que o constituem, encaminhando - as, dessa forma, em direcção ao tímpano. Esta membrana timpânica submetida, em condições de repouso, a uma equipressão condicionada pela pressão atmosférica e pela pressão do ouvido médio controlada pela trompa de Eustáquio, sofre a acção vibratória das ondas sonoras e transmite essa vibração à cadeia de ossículos existente ao nível do ouvido médio. Esta transmissão das ondas sonoras vibratórias ao encontrar uma estrutura mais ou menos rígida formada pela sucessão dos ossículos do ouvido, sofre um processo de impedância acústica, cujo resultado é um aumento da frequência das ondas. Este aumento da frequência deve-se ao facto de existir uma certa discrepância no que concerne às áreas da membrana timpânica e da estrutura que sofre vibração que se lhe segue, ou seja, o martelo. Esta discrepância é anatomicamente observável e quantificável, já que a área da membrana timpânica corresponde, em tamanho, a cerca de vinte vezes a área diminuta da base do martelo. Assim, a transmissão da vibração neste local, obriga à concentração das ondas e, por conseguinte ao aumento da frequência.

A cadeia de ossículos constituída pelo martelo, bigorna e estribo pulse sob a acção das vibrações da membrana timpânica. O cabo do martelo torna-se, assim, o transmissor das vibrações do tímpano aos restantes ossículos, já que se trata da estrutura que, anatomicamente se encontra ligada à mesma.

Devido às especificidades anatómicas do ouvido médio, a onda de pressão inicial vai, assim, sofrer um aumento da amplitude da sua frequência da ordem dos 20 a 35 dB condicionada quer pelo diferencial de tamanho entre a membrana timpânica e o manúbrio do martelo que condiciona a concentração do som e, por conseguinte, o aumento da vibração, quer pelo efeito alavanca que ocorre ao nível da articulação entre o martelo e a bigorna, quer ainda pela resistência que a cadeia ossicular constitui na transmissão do som. No fundo, a frequência gerada ao nível do ouvido médio vai depender quer da rigidez da cadeia ossicular, quer do efeito massa sobre a mesma que diminui a velocidade de vibração e, por conseguinte, a frequência.

Através da cadeia ossicular do ouvido médio, a vibração é, então transmitida ao ouvido interno, sendo o movimento da platina do estribo e a pressão que esta exerce sobre a janela oval que condiciona o movimento dos fluidos labirínticos e permite a estimulação eficaz do Órgão de Corti. Entretanto, a janela redonda que estabelece também a comunicação entre o ouvido médio e o interno e que está obliterada por uma membrana de natureza elástica, funciona também como uma entidade transmissora da onda gerada a nível timpânico em direcção aos fluidos do ouvido interno, na medida em que a pressão que nela é exercida pela vibração que não segue a via ossicular, vai sofrer dispersão ao nível desta janela, sendo igualmente transmitida ao fluido labiríntico. Por outro lado, dado a sua natureza elástica e face ao facto desta membrana não estar aderida a qualquer estrutura na sua face “voltada” para o ouvido médio, a janela redonda pode ainda funcionar com estrutura descompressora. Desta forma tanto a janela redonda como a membrana elástica que a reveste, são estruturas fisiologicamente importantes dado que não só permitem a existência de equipressão entre os diferentes compartimentos do ouvido, considerando-o como um todo, como também participam na movimentação dos fluidos labirínticos e consequentemente na transformação dum sinal mecânico num sinal nervoso ao nível do Órgão de Corti.

Além disso, considerando a função sensitiva do ouvido, o “acoplamento” entre a janela oval, a janela redonda e o fluido coclear permite que as diferenças de pressão que se fazem sentir entre as duas janelas condicionem a movimentação do fluido labiríntico e consequentemente a conversão do estímulo mecânico/hidráulico num estímulo nervoso, ou seja, a transdução do sinal. A movimentação/ondulação da perilinfa induzida quer pelo impacto da platina do estribo na janela oval, quer pela onda sonora que se transmite em direcção à janela redonda fazendo vibrar a membrana elástica que a oclui, vai provocar a vibração da membrana basilar. Esta vibração ocorre porque as referidas janelas se encontram em pontos diametralmente opostos relativamente à membrana basilar e a vibração transmitida pelas mesmas é feita segundo diferentes formas, dado que a janela oval recebe uma onda com alteração de fase decorrente da passagem da mesma pela cadeia ossicular e a janela redonda recebe a onda sem qualquer alteração de fase, directamente do tímpano. A vibração da membrana basilar que corresponde

simultaneamente ao limite superior da rampa vestibular e ao limite inferior da rampa coclear vai, por seu turno, induzir a movimentação das células ciliadas apoiadas na mesma. O movimento global destas células é, contudo impedido pela membrana tectória imóvel que recobre os estereocílios das mesmas. Desta forma o corpo celular das células move-se relativamente aos estereocílios, sendo que é este movimento que vai despoletar o fenómeno de transdução do sinal, já que os corpos celulares destas células, que na prática são neurónios, estão “acoplados” aos respectivos axónios que constituem o nervo coclear [84, 103].

2.8.2.2 TRANSDUÇÃO DO SINAL

A transdução do sinal em otorrinolaringologia consiste na conversão do sinal acústico inicial (sob a forma de onda de pressão) num sinal eléctrico passível de ser conduzido através da via auditiva e integrado a nível do Sistema Nervoso Central de forma a ser percepcionado. Trata-se de uma transdução electromecânica. Tal como em qualquer outro fenómeno de fisiologia celular nervosa, também ao nível das células ciliadas do Órgão de Corti ocorre a sucessão de três etapas, nomeadamente excitação, condução e secreção de neurotransmissores. A excitação da célula inicia-se ao nível de um mecanorreceptor altamente sensível às ondas de pressão. Um mecanorreceptor define-se como sendo um receptor que “capta” estímulos mecânicos.

Assim, os estereocílios das células sensoriais do Órgão de Corti constituem mecanorreceptores, uma vez que sofrendo deflexão mediante os estímulos das ondas de pressão, promovem a abertura de canais iónicos permeáveis a catiões presentes nestas células. A abertura destes canais que é potenciada pela movimentação, segundo o eixo sensitivo, dos estereocílios permite a entrada na célula de catiões provenientes da endolinfa, sendo que esta corresponde ao fluido extracelular associado a estas células. Dado que os catiões mais abundantes na endolinfa são os iões potássio, o fluxo de potássio condiciona nas células do Órgão de Corti um gradiente electroquímico passível de induzir alterações no potencial de repouso da membrana. Assim, o estímulo auditivo agindo sobre os estereocílios promove a sua deflexão e consequentemente a abertura de canais de potássio, permitindo a alteração do potencial de membrana destas células e sendo, desta forma, responsável pela génese de um potencial de acção.

No que se refere à condutibilidade, as células ciliadas do Órgão de Corti que reúnem histologicamente características de células nervosas e de células epiteliais não se limitam à condução das alterações da permeabilidade membranar, sendo que inerente a este fenómeno está também o designado fenómeno de amplificação coclear. A amplificação está

exclusivamente dependente das células ciliadas externas e corresponde à génese de um aumento, da ordem das 100 vezes, do movimento da membrana basilar.

Em termos físicos esta amplificação ocorre, porque a excitação da célula promovida pelo movimento da membrana basilar e que acarreta a movimentação dos estereocílios e consequente abertura dos canais iónicos com a geração do potencial de acção ocorre simultaneamente com a alteração morfológica das células induzida pelo próprio potencial de acção. Esta simultaneidade permite amplificação, dado que a alteração morfológica da célula induz, por si só, um movimento da membrana basilar na direcção oposta.

Finalmente e associado ao fenómeno de secreção, está a libertação de neurotransmissores. A despolarização da membrana da célula ciliada acarreta a abertura de canais de cálcio dependentes da voltagem topograficamente dispostos nas regiões sinápticas destas células nervosas. O cálcio, tal como ocorre noutras células excitáveis, vai induzir a fusão das vesículas sinápticas com a membrana da célula nervosa, permitindo assim a libertação do neurotransmissor que, neste caso, é o glutamato ou um composto químico semelhante. Este neurotransmissor vai agir num segundo neurónio, excitando-o e gerando um impulso nervoso que vai depois ser transmitido ao longo da via auditiva, até alcançar os centros de integração [84, 103].

2.8.2.3 CONDUÇÃO DO ESTÍMULO ELÉCTRICO: A VIA AUDITIVA

A via auditiva não é mais do que o trajecto através do qual são transmitidos os impulsos nervosos que, originados no Órgão de Corti vão alcançar o córtex cerebral do lobo temporal de forma a serem integrados e percebidos. Tratando-se de uma via de transmissão nervosa, a via auditiva vai ser formada por neurónios. Além disso, dado que esta via é uma via sensorial e, portanto que veicula informação associada à sensibilidade especial, o seu trajecto é ascendente [84].

2.9 CONSEQUÊNCIAS DO RUÍDO

Tendo em conta as várias definições de ruído e considerando este como laboral ou ambiental, é possível referir os efeitos que o mesmo poderá ter sobre:

- Pessoas (efeitos auditivos e não auditivos (fisiológicos ou psicológicos));
- Animais;
- Património cultural e Arquitectónico;

- Valores imobiliários;
- Edificações [37, 48].

A) EFEITOS RUÍDO NAS PESSOAS

O ruído actua através do ouvido sobre os sistemas nervosos central e autónomo. Quando o estímulo ultrapassa determinados limites, produz-se surdez e efeitos patológicos em ambos os sistemas, tanto instantâneos como diferidos. A níveis muito menores, o ruído produz incómodo e dificulta ou impede a atenção, a comunicação, a concentração, o descanso e o sono. A reiteração de estas situações pode ocasionar estados crónicos de nervosismo e *stress*, o que por sua vez leva a transtornos psicofísicos, doenças cardiovasculares e alterações do sistema imunitário (v. Fig. 2.31).

A diminuição do rendimento escolar e profissional, os acidentes de trabalho e de tráfego, certas condutas anti-sociais e a tendência para o abandono das cidades são algumas das consequências.

1. Efeitos acústicos

As perdas de audição são função da frequência e da intensidade do ruído, sendo mais evidentes para os tons puros e para as frequências elevadas.

A fadiga auditiva traduz - se por um abaixamento reversível da acuidade auditiva (TTS – *Temporary Threshold Shift*) e é determinada pelo grau de perda de audição e pelo tempo que o ouvido demora a retomar a audição inicial. Pode ser considerada uma medida indirecta de admissibilidade face ao ruído, implicando a fixação de um limite de perda de audição após a exposição. Quando a exposição a ruído excessivo se mantém durante um longo período de tempo, surge um défice permanente de acuidade auditiva (PTS – *Permanent Threshold Shift*). Inicia-se, então, um processo de destruição das células ciliadas (internas, numa primeira fase, e externas, posteriormente) do órgão de Corti. Aquele défice forma-se para além das frequências de conversação, não sendo, por isso, detectado na actividade do dia-a-dia. Entretanto sobrevêm diferentes fenómenos auditivos conexos, tais como: distorção de sons, aparecimento de uma tonalidade metálica, sobreposição das curvas de transmissão sonora por via aérea e por via óssea. Posteriormente, forma-se um escotoma (entalhe) em forma de U ou em V, que se vai situar nas altas frequências (geralmente na frequência de 4 000 Hz, ou mais rigorosamente 4 096 Hz). A razão desta ocorrência deve-se fundamentalmente ao facto de a maior parte do ruído industrial apresentar um espectro de frequências entre os 1 500 Hz e 3 500 Hz [31, 102, 103].

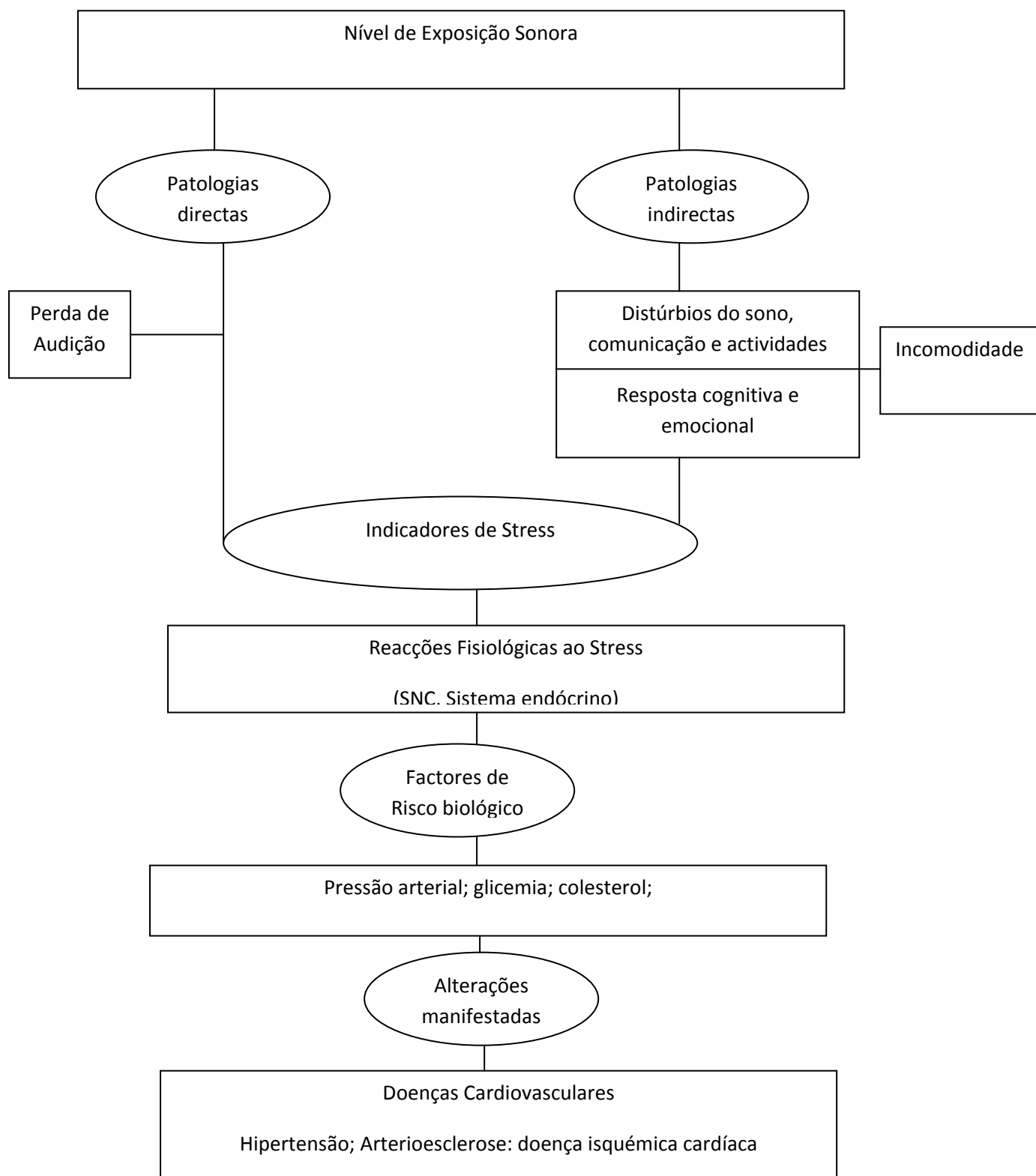


Figura 2.31 Patologias directas e indirectas tendo em conta o nível de exposição sonora [adaptado 31].

O escotoma alarga-se progressivamente para as baixas frequências, acabando por atingir a percepção da palavra.

A audiometria permite estabelecer gráficos que indicam as eventuais perdas auditivas em relação ao limiar de audição normal (v. Fig. 2.32).

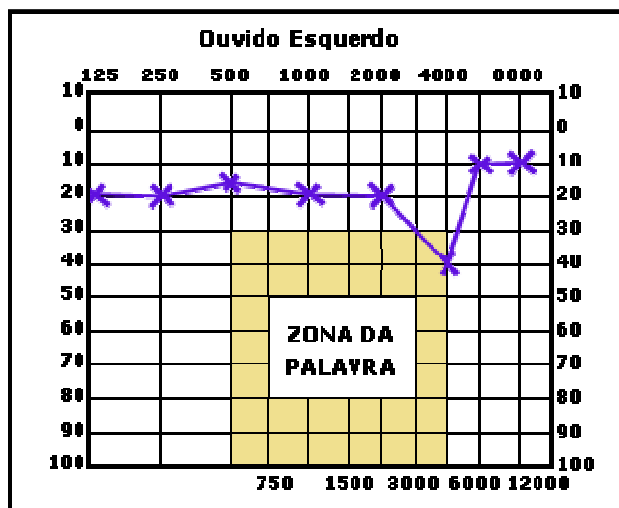


Figura 2.32 Perdas auditivas em relação ao limiar de audição normal [109].

Segundo Bell, a evolução anteriormente descrita pode ser esquematizada em 3 estádios (v. Fig. 2.33).

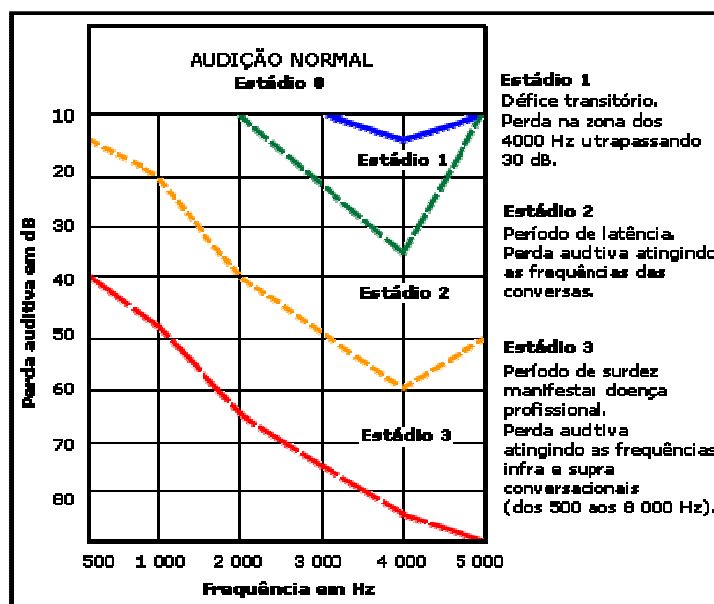


Figura 2.33 Evolução da surdez profissional [109].

O risco de perda de audição é calculado a partir de elementos estatísticos e pode definir-se, segundo a norma portuguesa NP 1733:1981, como a diferença entre a percentagem de

peessoas que apresentam diminuição de capacidade auditiva num grupo exposto ao ruído e a percentagem num grupo não exposto mas em condições equivalentes em todos os outros aspectos (v. Fig. 2.34).

A audição humana considera-se diminuída quando a média aritmética dos limiares tonais permanentes para as frequências de 500 Hz, 1 000 Hz e 2 000 Hz for igual ou superior a 25 dB, relativamente ao zero audiométrico de referência obtido a partir da norma ISO 389:1975 [102].

Nível Sonoro Contínuo Equivalente (dB _A)	Anos de Exposição									
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45
80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
85	0	1	3	5	6	7	8	9	10	7
90	0	4	10	14	16	16	10	20	21	15
95	0	7	17	24	28	29	31	32	29	23
100	0	12	29	37	42	43	44	44	41	33
105	0	18	42	53	58	60	62	61	54	41
110	0	26	55	71	78	78	77	72	62	45
115	0	36	71	83	87	84	81	75	64	47

Figura 2.34 Risco de perda de audição, em função dos anos exposição [102].

Existe outro tipo de mudanças na audição que ocorre após a exposição ao ruído e que tem, normalmente, um carácter temporário, como anteriormente referido. Entre estas, a existência de um zumbido contínuo nos ouvidos (acufenos), mudanças na intensidade dos sons, mudança na tonalidade, mudanças no mascaramento e distorção aparente dos sons, constituem alguns exemplos referidos de seguida.

Acufenos ou Tinnitus

Embora este fenómeno seja ainda alvo de alguma especulação, nomeadamente no que diz respeito às causas e às formas do seu aparecimento, os acufenos, constituem um dos efeitos da exposição ao ruído cujas consequências, em termos de qualidade de vida, tem maior impacto. Estes caracterizam-se, essencialmente, pela percepção constante, por parte do paciente, de um “ruído”. Embora os acufenos possam ter um carácter temporário, existem muitas situações em que estes se prolongam, tornando-se, frequentemente, permanentes [103].

Os acufenos permanentes dificilmente surgem em indivíduos sem perda de audição temporária ou permanente. Contudo, o contrário poderá acontecer, isto é, verificar-se a existência de alterações significativas dos limiares de audição sem que sejam identificados acufenos.

Embora, como já referido, a causa destes não seja perfeitamente entendida, presume-se que se deva a uma combustão espontânea dos receptores neurais. Como tal, esta poderá ocorrer em resultado da exposição ao ruído, mas também devido ao efeito de determinados medicamentos, que originam perdas auditivas temporárias ou permanentes.

Existem, por outro lado, alguns investigadores que sugerem que os acufenos são uma “versão ampliada do ruído de fundo do cérebro”. De acordo com estes, os acufenos poderão ser o ruído resultante da actividade neuronal, a qual não é, normalmente, perceptível, dada a existência de filtros no cérebro, que tornam este tipo de ruído irrelevante.

Distorção

Adicionalmente à distorção de frequências originada por uma perda selectiva a altas frequências é, igualmente observada a audição de sons pouco usuais, do tipo metálico e inarmónico. Este fenómeno é, normalmente, observado em situações em que existem acufenos [102].

Diplacusia

Alguns indivíduos com perdas auditivas referem normalmente uma distorção de frequências, designada por diplacusia, que se caracteriza por uma mudança no tom do estímulo, de tal modo que a música parece estranha. Este fenómeno está, provavelmente, relacionado com outros fenómenos de distorção já referidos anteriormente [102].

Presbiacusia

É sabido que, como qualquer outro sentido ou faculdade, mesmo sem acidentes o homem vai perdendo audição com a idade e que se designa por presbiacusia. Na Figura 2.35 estão representadas curvas que traduzem a evolução com a idade das perdas médias em várias frequências [102].

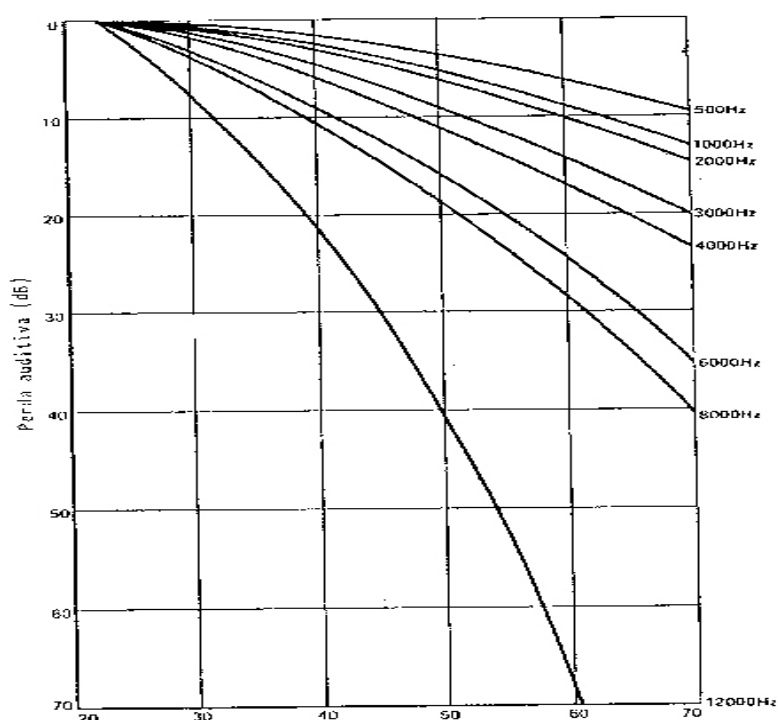


Figura 2.35 Evolução com a idade das perdas auditivas [103].

2. Efeitos não acústicos

A maior parte dos efeitos, para além dos auditivos, aparecem normalmente na literatura sob a denominação de efeitos não auditivos, ou não traumáticos, de forma a diferenciarem-se dos efeitos auditivos que se exercem, exclusivamente, sobre os receptores acústicos. De certa forma, pode-se dizer que estes são todos os efeitos sobre a saúde e bem-estar provocados pela exposição ao ruído à excepção dos efeitos sobre o aparelho auditivo e sobre o masqueamento da informação auditiva.

Assim sendo, é possível caracterizar os efeitos não acústicos tendo em conta os seguintes parâmetros [28, 31]:

2.1 INCOMODIDADE

Exposições crónicas ao ruído podem ser sentidas como uma perturbação do dia-a-dia ou como algo que interfere com as actividades em curso. Este efeito é tipicamente designado por irritabilidade, termo este que se define como uma sensação de desagrado para com um dado agente ou condição, percebida ou entendida por um indivíduo ou grupo, como algo que lhes é prejudicial. Compreende uma avaliação subjectiva da condição individual e bem-estar do sujeito, que tem por base anteriores experiências de pós-exposição a ruído tais como

perturbações do sono, momentos de descanso e de lazer, da capacidade de falar ao telefone, ver televisão ou efectuar uma qualquer actividade que possa requerer concentração e elevado desempenho [42, 30, 33, 44].

Para avaliar a possibilidade da irritabilidade se encontrar relacionada com o *stress* fisiológico, torna-se necessário considerar as reacções mediadas pelo SNC (Sistema Nervoso Central) após repetidas exposições ou exposições crónicas de ruído. De um ponto de vista fisiológico, repetidas exposições a ruído que causem efeitos nefastos em termos de reacções de *stress* fisiológico de pouca habituação, poderão dar origem a um estado onde os efeitos agudos do ruído, tais como o aumento da pressão arterial, se tornem permanentes [66].

Paralelamente existe também a possibilidade destas exposições crónicas a ruído induzirem outras alterações comportamentais, nomeadamente estados de agressividade e de redução do comportamento de entreatajuda. Neste contexto torna-se igualmente importante considerar a reacção de derrota. Esta é caracterizada por um decaimento da função motora, uma sobrecarga do sistema vago, uma diminuição da secreção de cortisol, adrenalina e hormonas e por um possível estado de depressão do sistema imunitário. A panóplia de consequências clínicas que advêm desta situação varia desde o aumento do risco de infecções a alterações do estado de humor, atitudes e comportamentos sociais (ansiedade, inquietação, desconfiança, insegurança, pessimismo). Nos seres humanos esta reacção é precedida por um estado de profunda tristeza, frustração e de derrota. É possível que esta reacção de derrota seja mediada por ruído ambiente, particularmente em situações nas quais seja impossível ao indivíduo alhear-se da exposição, como é por exemplo o caso de indivíduos que possuem habitações onde todas as fachadas se encontram expostas a ruído [34, 38, 80, 86].

2.2 SISTEMA NERVOSO CENTRAL

O sistema nervoso central é responsável pelo processamento da intensidade e frequência dos sons.

Do ponto de vista funcional, o ruído afecta o estado de alerta, o estado cognitivo e o desempenho motor. Perante uma exposição aguda ao ruído o corpo humano reage através de um mecanismo trifásico que compreende a resposta de orientação, a acção reflexa, e a reacção defensiva/evasiva. A resposta de orientação visa uma preparação para posteriores reacções e consiste no posicionamento da cabeça no sentido de permitir direccionar os olhos e ouvidos para a fonte de ruído. A acção reflexa representa uma forma de protecção através das acções de piscar de olhos e de contracção dos músculos do ouvido médio e dos membros. A reacção defensiva/evasiva não é mais do que uma continuação das respostas anteriores e

como o próprio nome indica envolve uma prontidão para lutar ou fugir da fonte de ruído. Com estas acções o corpo humano desencadeia uma série de medidas de prontidão para um eventual esforço físico eminente, mediante um conjunto de respostas autónomas como a dilatação das pupilas, o incremento da tensão esqueleto - muscular acompanhado de uma respiração mais profunda, a ocorrência de vasoconstrição e consequente aumento da frequência cardíaca e pressão arterial, assim como o aumento da secreção de hormonas do *stress*. Perante este cenário, facilmente se compreende que exposições agudas ao ruído podem desencadear reacções de *stress* mediadas pelo SNC que resultam na alteração do estado de equilíbrio de várias funções fisiológicas do corpo humano. Relativamente a cenários de exposições crónicas ao ruído existem evidências de comprometimento do desempenho cognitivo em tarefas exigentes, mediante o aumento do tempo de reacção, a diminuição da memória de retenção, uma influência no processo selectivo da memória e na escolha de estratégias no que diz respeito ao desempenho da tarefa em curso. O nosso desempenho cognitivo pode também ser debilitado pelas hormonas que são libertadas durante episódios de *stress*. Estas hormonas redireccionam o fluxo de glicose para os músculos, impedindo o adequado fornecimento desta fonte energética ao cérebro e mais concretamente ao hipocampo, o que resultará na diminuição da capacidade do cérebro de criar novas memórias. Acresce a tudo isto o facto de o cortisol, umas das hormonas que é libertada em situações de *stress*, interferir com a função dos neurotransmissores comprometendo assim a acessibilidade a informação contida no cérebro. O aumento de secreção de corticosteroides inerente ao estado de *stress* crónico induzido pelo ruído pode também afectar o sistema digestivo mediante a indução de fenómenos de hipermotilidade gástrica e intestinal, do qual poderão resultar episódios de diarreia ou prisão de ventre, e de aumento da produção de ácido gástrico do qual poderão resultar episódios de gastrites e úlceras (v. Fig. 2.36) [27, 34, 35, 48, 49].



Figura 2.36 Efeitos Fisiológicos do ruído sobre o organismo [102].

2.3 INTERFERÊNCIA NA COMUNICAÇÃO

Perante níveis de ruído demasiado elevados, a comunicação verbal é comprometida, potenciando assim um baixo rendimento de trabalho sempre que as actividades laborais em causa apresentem uma forte dependência desta via de comunicação. A longo prazo poderão também advir desta situação lesões e alterações do tracto vocal, inerentes ao esforço adicional que o sujeito realiza na tentativa de potenciar a comunicação.

As perturbações da fala em sala de aula são uma preocupação primária, devido ao elevado potencial de efeitos negativos sobre a aprendizagem das crianças, que tem vindo a ser postulada por vários psicólogos ao longo dos anos.

No ensino é estritamente importante que a comunicação verbal seja clara e regular, sem interrupções. Não só o ruído de fundo tem que ser baixo, mas também os ruídos intermitentes exteriores tem que ser minimizados para que um professor seja claramente ouvido [27, 49, 95, 100].

2.4 EFICÁCIA / PERFORMANCE

Inicialmente o estudo da relação do ruído com a eficácia, ou performance, dos operadores tinha como objectivo melhorar a capacidade ou desempenho destes. Contudo, tem-se vindo a constatar uma evolução no sentido da prevenção dos riscos relacionados com a segurança e saúde do trabalho. Diversos estudos realizados, mostram que o efeito do ruído sobre a performance depende de numerosos factores, tais como:

- Parâmetros físicos e psicológicos do ruído (intensidade, tipo de ruído, frequência, significado, etc.);
- Carácter previsível ou não do ruído;
- Natureza e exigências da tarefa;
- Variáveis psicofisiológicas individuais (sensibilidade, estado funcional, motivação, estratégia adoptada pelo sujeito);
- Possibilidade do indivíduo "controlar" o ruído;
- Presença de outros factores de risco [42].

É evidente que a relação entre ruído e performance é difícil de estabelecer, dada a multiplicidade de factores intervenientes e a diversidade de situações que podem ocorrer.

Existe actualmente um consenso generalizado de que os efeitos não auditivos resultantes da exposição ao ruído têm vindo a ser sobrestimados, e que estes também não são tão vastos e simples como originalmente se equacionava. Apesar de quantitativamente, não existirem muitos estudos a prová-lo, é relativamente comum encontrarem-se na literatura exemplos destes efeitos, tais como, aumento da sinistralidade, *stress* ocupacional, redução da produtividade. No entanto, muitos destes estão relacionados com outros efeitos mais evidentes, como por exemplo, a irritação, a fadiga mental, a reacção provocada pelos acufenos e a degradação da visão [34, 35, 42].

Relativamente à execução de tarefas múltiplas, existem algumas evidências de que o ruído poderá diminuir a performance nas actividades consideradas menos prioritárias, pelo menos em determinadas circunstâncias. A performance, medida em vários testes de funções intelectuais, não é normalmente afectada, embora se verifiquem efeitos em termos da capacidade de memória e, por conseguinte, afectando as actividades que requerem a utilização desta. Algumas tarefas, tais como, vigilância e detecção, com requisitos ao nível da

concentração, são influenciadas pela exposição ao ruído, variando os correspondentes efeitos, aparentemente, com a hora do dia e com as diferenças individuais [28, 42].

Existem igualmente alguns efeitos posteriores à exposição, tais como, a redução na perseverança e mudanças no comportamento social [95].

Em actividades simples, e de complexidade relativamente baixa, a presença do ruído parece não interferir com o desempenho, podendo mesmo, beneficiar os trabalhadores, aumentando a satisfação no trabalho e diminuindo as oscilações na pressão sanguínea [66].

De uma forma geral, poderemos dizer que a influência do ruído na execução humana não é absolutamente clara. O desempenho parece depender mais do tipo de actividade a desempenhar do que propriamente do nível de pressão sonora de exposição. Existem alguns estudos que justificam estas diferenças no desempenho, ou performance, como sendo resultado de:

- Distracção e/ou redução na atenção;
- Tempo de reacção prolongado, afectando os processos físicos e mentais;
- Aumento da propensão para o comportamento de risco;
- Aumento da actividade geral do organismo (activação psicofisiológica) [42].

2.5 DISTÚRBIOS DO SONO

Os distúrbios no sono constam da lista dos efeitos extra-auditivos inerentes à exposição ao ruído. Mesmo a dormir, o corpo continua a responder aos estímulos do ambiente, embora a sensibilidade do sujeito a este agente dependa de vários factores. Para além das características intrínsecas ao ruído (tipo, intensidade sonora, espectro, integração, diferença entre o ruído ambiente e a amplitude máxima do estímulo sonoro incomodativo) existem também aquelas inerentes ao sujeito como a idade, o género, as características da personalidade e a sensibilidade ao ruído. Os distúrbios no sono podem ser quantificados pelo número e duração de despertares nocturnos e pelo número de alterações nas fases do sono. Embora os despertares nocturnos sejam passíveis de ocorrer com níveis de ruído iguais ou superiores a 55 dBA, as perturbações da sequência normal do sono podem ocorrer com níveis de ruído entre os 45 dBA a 55 dBA. No entanto, certas alterações das funções autónomas, como a vasoconstrição e alterações da frequência cardíaca, podem surgir com níveis de ruído muito inferiores. As respostas autónomas mencionadas são o reflexo da resposta do corpo

adormecido aos estímulos externos e deverá ser tido em conta os efeitos a longo prazo das mesmas [30, 46, 57, 74, 81].

B) ANIMAIS

A audição é fundamental para que um animal possa reagir, competir, reproduzir - se, caçar e sobreviver no seu habitat natural. A capacidade de ouvir os sons e ruídos e de comunicar, subjacente aos animais, favorece a coesão dos grupos faunísticos bem como a sua sobrevivência. As espécies animais diferem grandemente nas suas respostas ao ruído. Os efeitos do ruído sobre os animais domésticos e animais selvagens são classificados como primárias, secundárias e terciárias [42].

Os efeitos primários são directos e resultam em alterações fisiológicas no sistema auditivo e incluirão, provavelmente, o mascaramento de sinais auditivos. O mascaramento é definido como a incapacidade de um indivíduo ouvir importantes sinais ambientais que podem surgir das matas, de predadores ou presas. Há possibilidades do ruído afectar a capacidade da espécie comunicar com outras, podendo até mesmo interferir com os seus padrões comportamentais. Embora os efeitos sejam essencialmente temporais, o ruído pode causar mascaramento dos sinais auditivos dentro de uma comunidade faunística exposta. Os animais dependem da audição para evitar predadores, para obterem alimento, para comunicarem e atrair outros membros da sua espécie, podendo o ruído mascarar ou interferir com essas funções. Para além destes efeitos primários é possível identificar outros, no entanto não tão prováveis, como sejam: ruptura do tímpano ou mudanças no limiar temporário e permanente de audição [42].

Os efeitos secundários podem incluir efeitos não auditivos, tais como: *stress*, hipertensão, alterações de comportamento, interferência com o acasalamento ou reprodução e uma alimentação deficiente (ingestão de alimentos e água) [42].

Os efeitos terciários são o resultado directo dos efeitos primários e secundários e incluem o declínio da população e a perda de habitats naturais [42].

A literatura sugere que as espécies expostas ao ruído diferem entre si na sua resposta ao ruído e que a mesma depende do tipo, duração e fonte de ruído [42].

Muitos estudos científicos têm investigado os efeitos do ruído de aeronaves sobre a vida selvagem. Aparentemente, as respostas dos animais face ao ruído das aeronaves são influenciadas por muitas variáveis, incluindo tamanho, velocidade, barulho do motor, perfil de voo e ruído irradiado. O tipo de aeronave e o tipo de missão de voo também podem produzir

diferentes níveis de perturbação e consequentemente diferentes respostas animais. Por isso, é difícil generalizar a resposta animal a perturbações de ruído. Uma das inúmeras investigações desenvolvidas neste âmbito conclui, em termos de observação comportamental, que a maioria dos animais apresenta uma reacção de sobressalto/susto, face à passagem das aeronaves. A intensidade e a duração da resposta de sobressalto parecem ser dependentes de qual espécie está exposta, se existe um grupo ou um indivíduo, e se tem havido exposições anteriores [42].

Investigações efectuadas relatam que as aves evidenciam maior sensibilidade ao ruído comparativamente com os mamíferos [42].

C) PATRIMÓNIO CULTURAL E ARQUITECTÓNICO

A afectação do património cultural e arquitectónico está subjugada essencialmente a ruído gerado por infra-estruturas de transporte (aéreo, rodoviário e ferroviário). Devido ao aumento progressivo da fragilidade dos componentes estruturais dos edifícios e sítios históricos, o ruído das infra-estruturas de transporte pode afectar estes sítios de uma forma mais severa comparativamente com as estruturas mais modernas e recentes. Nas estruturas mais antigas, as fissuras superficiais que aparentemente são insignificantes e provocadas pelas vibrações subjacentes ao ruído, poderão vir a ser mais agravadas face à acção de fenómenos naturais (ex. sismos) [42, 55].

D) EDIFICAÇÕES

Da mesma forma que o património cultural e arquitectónico, também as edificações são essencialmente afectadas pelo ruído das infra-estruturas de transporte. Normalmente, os elementos mais sensíveis de uma edificação face ao ruído são as janelas. Raramente são afectadas as paredes e os tectos de uma estrutura. Para determinar a probabilidade de uma estrutura sofrer danos é, normalmente realizada, uma avaliação dos picos de pressão sonora que incidem sobre a mesma. Geralmente, quando a edificação é sujeita a picos sonoros acima de 130 dB, a componente estrutural da mesma vibra, bastando só um segundo de incidência dos referidos picos sonoros para que se verifiquem danos. A vibração estrutural induzida pelo ruído, também pode causar incomodidade para os habitantes da edificação devido às vibrações por indução secundária ou devido ao tilintar dos objectos existentes no interior da habitação. Regra geral estas vibrações ocorrem em picos sonoros superiores ou iguais a 110 dB. Assim, na avaliação acústica de edifícios situados na proximidade de infra-estruturas de transporte, deve ser tido em conta a ocorrência de vibrações induzidas pelo ruído [42, 55].

E) VALORES IMOBILIARIOS

O ruído existente na envolvente de um determinado imóvel tem uma influência directa nos valores do mesmo. A percepção do ruído por parte do comprador e/ou vendedor irá determinar o valor da propriedade. No entanto, tal factor não será decisivo, dado que irão intervir nessa tomada de decisão outros parâmetros considerados como fundamentais e prioritários, tais como: acessibilidades, existência de hospitais, escolas, farmácias, rácio de criminalidade da zona, entre outros [42, 55].

3 RUÍDO AERONAÚTICO

3.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Nas últimas décadas os grandes aglomerados urbanos, nomeadamente as cidades, têm sido procurados pelas populações rurais na expectativa de neles encontrarem resposta para as suas aspirações económicas e sociais. Na realidade estes centros urbanos fornecem um conjunto de serviços, de empregos e oportunidades de progressão social que os meios de onde provêm não lhes poderiam proporcionar, pelo menos até há uns anos atrás [40, 104].

O êxodo verificado causou, sem dúvida alguma, vários problemas de integração das populações migrantes nas grandes cidades. Por um lado urge dar resposta em termos de alojamento, o que tem justificado o grande incremento do edificado, por outro a necessidade de aumento e melhoria de todas as infra-estruturas de transporte, essencialmente nas rodoviárias e ferroviárias [104].

Estudos efectuados por organismos internacionais apontam no sentido que esta tendência continue, embora com uma taxa de crescimento menor, durante a primeira metade do século XXI [104].

Se por um lado é legítima a necessidade e a procura de evolução das populações, por outro, esta tendência não deixa de acarretar também problemas sociais, políticos, económicos e ambientais para os grandes aglomerados e, conseqüentemente, para os próprios países.

Relativamente à Europa, um estudo de 1996 revela que:

- Mais de 80 milhões de pessoas, aproximadamente 20% da população da União Europeia, estaria exposta a níveis de ruído superiores a 65 dBA;
- Mais de 70 milhões de pessoas estariam expostas a níveis considerados inaceitáveis;
- Mais de 170 milhões de pessoas estariam expostas a níveis equivalentes de ruído compreendidos entre 55 e 65 dBA [104].

A componente acústica do ambiente varia em cada país, cidade e lugar, uma vez que o ruído é um factor dinâmico e que para além de outras variáveis sofre de sazonalidade. Também neste sentido qualquer modificação urbanística terá influência no ruído a que os cidadãos ficarão expostos. Nesta perspectiva, o impacto que o ruído tem será um factor determinante na conduta e na actividade dos cidadãos [104].

Actualmente, Portugal possui diplomas legais que no seu conjunto possibilita uma gestão mais célere e eficaz do ambiente acústico em todo o território nacional.

Estudos realizados apontam como factores comuns de ruído urbano, os seguintes:

- 80% devido ao tráfego rodoviário;
- 4% devido ao tráfego rodoviário;
- 10% devido à indústria;
- 6% outros factores atribuídos à actividade humana nas suas várias vertentes;
- Tráfego aéreo [104].

Como se pode perceber pela distribuição apresentada, o ruído produzido pelo tráfego terrestre assume - se como aquele que mais condiciona a qualidade do ambiente acústico nas zonas urbanas. No entanto, o tráfego aéreo é o tipo de fonte sonora que tem maior potência sonora [104].

3.2 RUÍDO AMBIENTE AERONÁUTICO

Nas cidades que tem aeroportos e/ou bases aéreas nas suas proximidades, o peso que esta fonte tem na globalidade do ruído ambiente é bastante elevado. Existem algumas manobras que são particularmente ruidosas, como sejam: os voos a baixa altitude; descolagens e aterragens; operações em terra [32, 41, 76, 88, 94].

Dados os níveis de potência elevados, as rotas de aterragem e descolagem e a proximidade que os aeroportos/bases aéreas têm relativamente às habitações, os níveis de incomodidade sentidos pelos habitantes são elevados, para além da sensação de insegurança que estes muitas vezes expressam [41, 76, 88, 94].

O ruído aeronáutico apresenta características singulares, na medida em que a sua propagação ultrapassa em muito os limites legais exigíveis. As operações normais de aterragem e descolagem, não só produzem elevados níveis de ruído de forma descontínua, como também, usualmente não tem um horário prescrito para a sua ocorrência [41, 76, 94].

Com o advento das aeronaves a jacto o nível de incómodo atingiu níveis extremamente elevados. As reclamações decorrentes dessa situação motivaram, na década de 50 os primeiros estudos e pesquisas para determinara a extensão do problema e obter métodos para minimizá-lo. Os primeiros passos a serem dados no sentido de encontrar uma solução

minimizadora para o problema encontrado foram a monitorização dos níveis de ruído e incomodo produzido pelas operações das aeronaves, as quais compreendem a aterragem, a descolagem, a rolagem nos “*taxyways*” e o teste de motores [41, 73].

Os principais factores que determinam o nível de ruído percebido no solo estão associados à tipologia do avião, à tipologia do motor, aos procedimentos adoptados para a aterragem e descolagem (gestão da potencia, utilização dos flaps, velocidade, etc.), a distância entre a fonte e o receptor e as diferentes trajectórias de voo. Mas também devem ser considerada as influências da topografia e das condições meteorológicas locais que influenciam na propagação do som [41, 59, 73, 88].

Estudos efectuados relativamente ao nível de incómodo subjacente à actividade dos aeroportos/bases aéreas, indicam que existe um elevado nível de incómodo nas áreas mais próximas dos aeroportos/bases aéreas. Todavia, a experiência demonstra que as áreas mais afastadas também podem ser afectadas, em função da altitude de voo das aeronaves e das suas rotas [41, 64, 88].

O ruído nos aeroportos/bases aéreas tem características próprias, das quais se poderiam destacar três como as mais importantes. Em primeiro lugar, para um ouvinte que esteja parado em algum ponto próximo a um aeroporto/base aérea, o ruído aéreo será percebido como descontínuo e irregular. Descontínuo, porque o ruído que chega ao ouvinte obedece ao movimento das aeronaves. Irregular, porque ele varia com o tipo de aeronave e o tipo de procedimento executado (aterragem ou descolagem), como também da distância do ouvinte à trajectória descrita pela aeronave. Em segundo lugar, a intensidade do ruído produzido pelas aeronaves a jacto é muito maior que a intensidade de ruídos provenientes de outras fontes urbanas. Finalmente, uma outra característica importante a ressaltar será o facto da fonte de ruído ser móvel e estar acima do nível do solo durante a maior parte do tempo, o que facilita a propagação do som pela falta de obstáculos [41, 73, 75, 88].

A longa distância, o ruído de um avião é caracterizado, fisicamente, por um aspecto abafado, pois é um espectro carregado de frequências graves. As frequências agudas serão fortemente atenuadas pela absorção da atmosfera e do solo. O ruído de um avião que sobrevoa uma determinada área será percebido durante um certo tempo, dependendo da sua altitude e velocidade por cima do ponto de observação e conforme o nível de ruído de fundo [41, 73, 75].

3.3 CARACTERÍSTICAS GERAIS RUÍDO DAS AERONAVES

As características gerais do ruído das aeronaves dependem do *modus operandi* das mesmas. As aeronaves operam essencialmente de quatro modos:

- Arranque no solo;
- Velocidade subsónica (qualquer velocidade abaixo da velocidade do som);
- Velocidade transónica (entre a velocidade sub e supersónica);
- Velocidade supersónica (qualquer velocidade acima da velocidade do som) [42, 88].

3.3.1 ARRANQUE NO SOLO

Quando a aeronave está a trabalhar no solo, grandes quantidades de energia acústica são geradas pelo motor do avião (cerca de 30 kilowatts, em comparação com menos de um miliwatt da voz humana). No entanto basta o ruído de um só avião para que este possa afectar uma grande extensão de área territorial. Em contrapartida, o ruído dos aviões a hélice, devido a alterações no padrão de directividade da respectiva hélice, afectarão uma menor extensão de território, mas o seu impacto será semelhante [42].

Tendo em conta a Figura 3.1, é possível analisar que as alterações nas formas dos contornos dos níveis sonoros mostram que o ruído apresenta um nível diferente dependendo do ângulo em que o receptor se encontra relativamente à frente da aeronave. Esta mudança do nível sonoro que o receptor detecta depende do sítio onde ele se encontra, sendo assim considerado como o ângulo de directividade. A Figura 3.1 mostra a forma relativa dos contornos e não os níveis sonoros absolutos [42, 88].

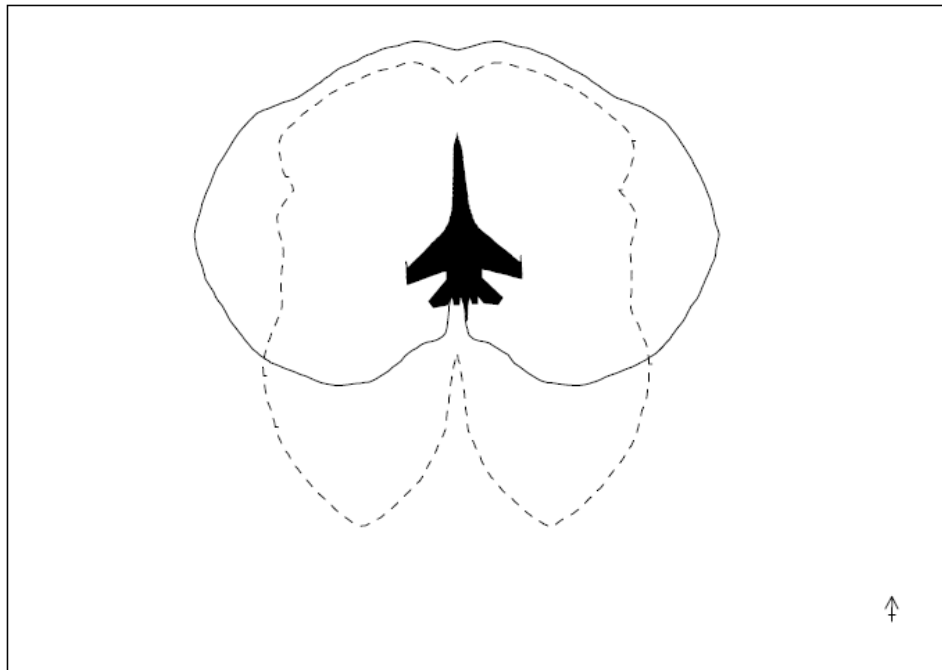


Figura 3.1 Contornos sonoros [42].

Normalmente, os aviões a jacto geram níveis de ruído superiores aos das aeronaves a hélice, cerca de 15 a 30 dB, durante as operações de decolagem.

As duas principais fontes de ruído dos aviões a jacto são:

- Ruído produzido pelo escape do avião, resultante da mistura turbulenta de alta velocidade dos gases de escape com a atmosfera (v. Fig. 3.2);
- Ruído proveniente da *fan*, devido à rotação e vibrações dos vários componentes no interior do motor, como sejam do compressor e da turbina [42, 88].

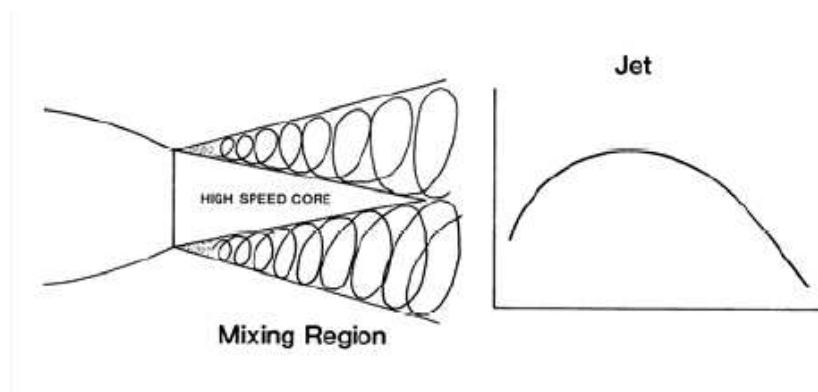


Figura 3.2 Ruído produzido pelo escape do avião, resultante da mistura turbulenta de alta velocidade dos gases [42].

Em aeronaves equipadas com *AfterBurner*, o aumento da velocidade do fluxo de gases pelo escape, cria significativamente mais ruído do que qualquer outro componente do motor [42].

No motor Turbopan, grande parte do ar de admissão não passa pela câmara de combustão, sendo o resultado uma menor velocidade dos gases de escape e menor ruído produzido (v. Fig. 3.3). No entanto, o custo da redução deste ruído é um nível de ruído composto principalmente por um tom puro, situado na faixa de frequência na ordem dos 2 000 Hz aos 4 000 Hz, o qual é produzido pela Fan, situada na parte frontal do motor do avião. Devido a estes tons fortes, o ruído produzido pelo motor é mais incomodativo do que o ruído produzido pelos gases de escape durante a descolagem [42, 88].

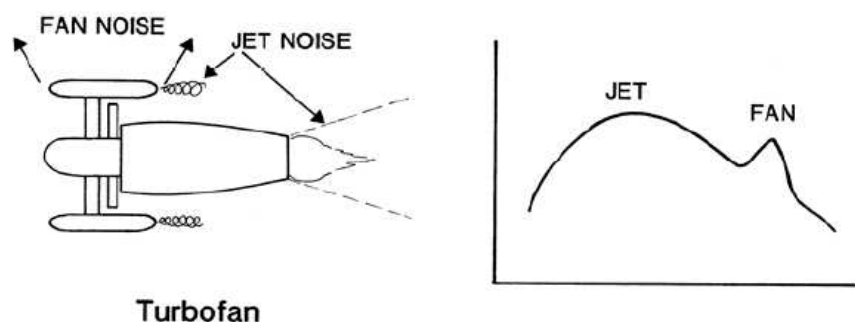


Figura 3.3 Ruído do Motor Turbopan [42].

3.3.2 VELOCIDADE SUBSÓNICA

Nas descolagens, os aviões podem ir desde os 160 nós até um limite máximo imposto pelas autoridades que regulamentam a aviação.

Quando falamos em arranque no solo consideramos a aeronave como uma fonte fixa e estacionária de ruído. A partir do momento em que esta levanta voo, produz movimento e desta forma, o ruído emitido considera-se como um ruído transitório.

A Figura 3.4 evidencia o nível de exposição sonora (A) ao longo do tempo a que um receptor pode estar exposto. O receptor estará assim exposto ao somatório de todos os ruídos emitidos pelos vários componentes do motor e pelo ruído aerodinâmico [42, 88].

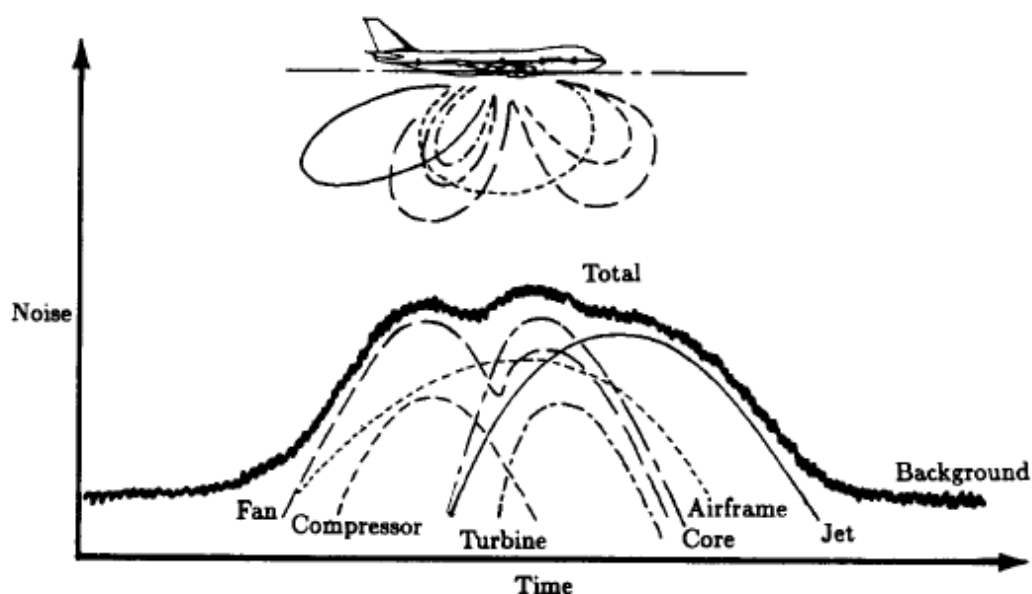


Figura 3.4 Nível de exposição sonora ao longo do tempo a que um receptor pode estar exposto [42].

A fonte de ruído tem agora uma adição de fluxo de ar a passar pela estrutura do avião, o chamado ruído aerodinâmico e que contribui para o aumento global do ruído subjacente à aeronave durante o voo [42].

Reduzir a incomodidade subjacente ao ruído da aeronave, a nível do solo, não é assim tão fácil quanto reduzir o nível de exposição sonora. Com o aumento da velocidade do avião, o nível de exposição sonora diminui devido à menor duração do evento de ruído. No entanto, para aumentar a velocidade, mais potência é requerida, o que faz aumentar o nível de ruído gerado pela aeronave; no solo, o ruído é efêmero mas a sua intensidade é muito maior. Assim, em termos de incomodidade humana e animal voar a maior velocidade gera maior intensidade de som e isto juntamente com uma maior probabilidade de susto/surpresa do receptor (devido a uma aproximação rápida da aeronave), elimina qualquer efeito positivo que um possível abaixamento de nível de exposição sonora possa ter tido sobre a incomodidade no receptor. Assim, quando se trata de reduzir a incomodidade do receptor no solo, é preferível adoptar uma atitude de prevenção e evitar as zonas sensíveis tanto quanto possível [42, 88].

3.3.3 VELOCIDADE TRANSÓNICA

Como as aeronaves durante o voo aumentam a sua velocidade, o ruído aerodinâmico (ruído criado quando a estrutura perturba o ar que passa através dela) sobressai relativamente ao ruído produzido pelo motor [42].

Durante as missões de voo, as aeronaves podem voar a baixas altitudes e a altas velocidades. O ruído produzido por este tipo de operações é transitório na natureza, podendo, desta forma, desencadear um inesperado estímulo acústico. Este súbito estímulo acústico pode gerar uma resposta de susto ou surpresa nas pessoas e nos animais caso o avião passe directamente sobre eles [42, 88].

3.3.4 VELOCIDADE SUPERSÓNICA

A Figura 3.5 mostra a produção e propagação de um “estrondo sónico” (componente audível da onda de choque provocada por um objecto quando este passa a velocidade de Mach 1). A barreira do som é a aparente barreira física que dificulta a passagem do avião para velocidades supersónicas. Quando um avião se desloca na atmosfera a uma velocidade Mach 1, comprime o ar à sua volta, principalmente na zona frontal do mesmo, criando desta forma ondas de pressão sobretudo no nariz do avião. Se o avião persistir continuamente com a mesma velocidade, formar-se-á na zona frontal do mesmo uma “muralha” de moléculas de ar. Este fenómeno é conhecido como a barreira do som. Assim, se o avião aumentar a sua velocidade ultrapassando a velocidade do som, deixará para trás as ondas de pressão [42, 88].

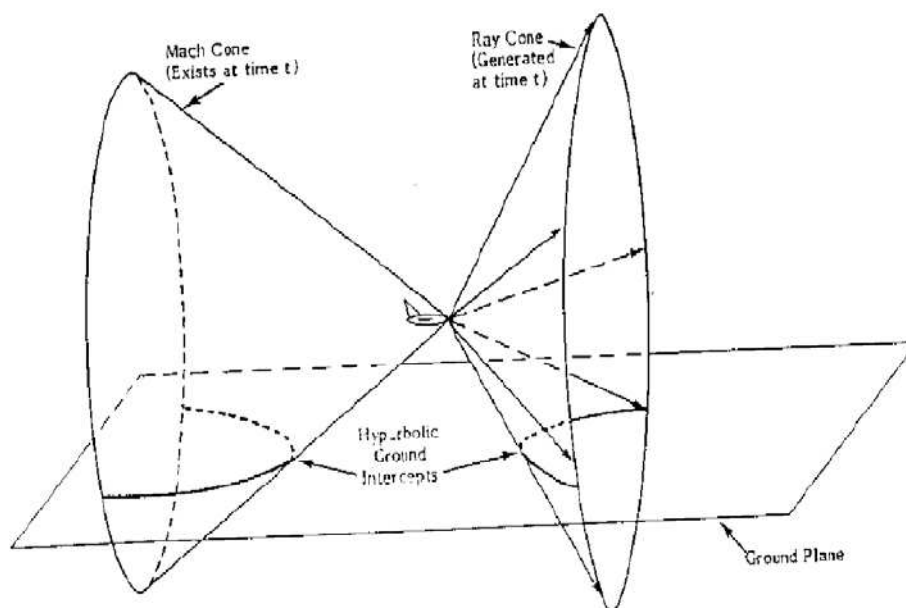


Figura 3.5 Produção e propagação de um estrondo sónico (passagem da barreira do som) [42].

O estrondo pode-se ou não propagar no chão, mas em condições estáveis, o estrondo sónico que atinge o solo é chamado de “*carpet boom*”. É importante observar a partir da Figura 3.5 que o “estrondo sónico” propaga-se para a frente do ponto de origem, embora num estado

estacionário o estrondo intercepte o solo por trás da aeronave; esse estrondo é gerado num momento do voo e só mais tarde intercepta o solo [42].

Quando a velocidade do avião ultrapassa a velocidade do som, existem duas ondas de choque primárias: uma desenvolvida a partir da parte frontal do avião (onda de proa) e outra desenvolvida a partir da parte traseira do avião (onda de cauda). Se o espaço de tempo decorridos entre a onda de proa e a onda de cauda for suficientemente grande, um receptor posicionado no solo é capaz de ouvir o “estrondo sónico”, caracterizado por dois estrondos: o 1.^o estrondo é o arco a passar o receptor e o 2.^o estrondo é a onda de cauda (onda N) [42].

O comprimento do avião, altitude, velocidade e as condições atmosféricas são factores que irão determinar o tamanho e a forma da onda N. A forma da onda N é mostrada na Figura 3.6. Esta figura mostra o arco da onda sujeito a uma compressão e a uma expansão lenta abaixo da Pressão Atmosférica, após uma súbita descompressão na onda de cauda [42].

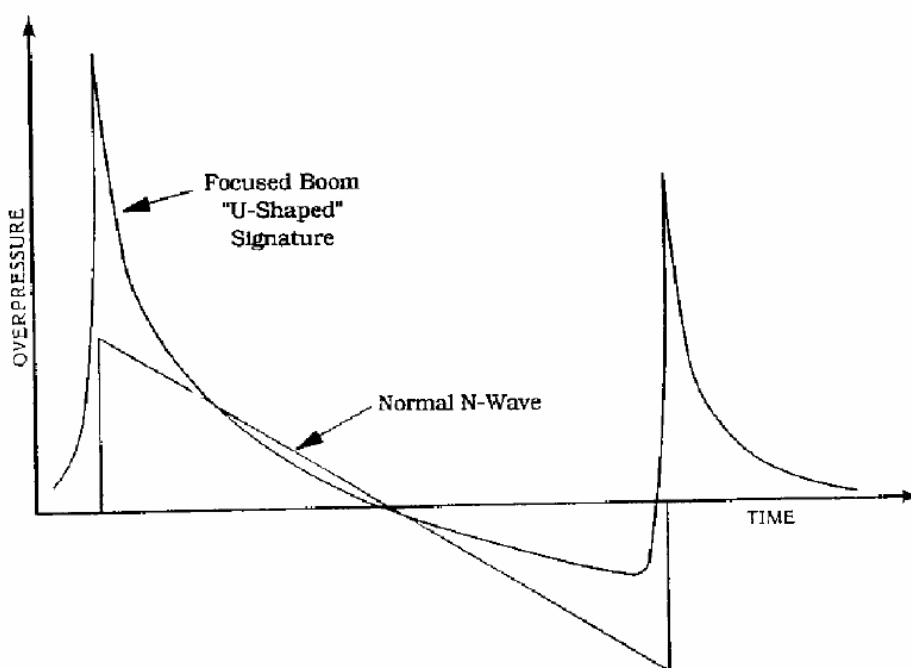


Figura 3.6 Onda N [42].

Geralmente para as aeronaves militares, a proa e cauda da onda são semelhantes (apresentam forças semelhantes). Durante as manobras e acelerações de uma aeronave, em voo supersónico, o “estrondo sónico” pode ser duplicado sobre si mesmo (duplicação da onda N.) Isto cria um aumento da sobrepressão num local que é conhecido como um “estrondo focalizado”. A sobrepressão pode exceder entre duas a cinco vezes a do voo estacionário. Esta

área focalizada tem uma localização muito própria e atinge uma área muito menor comparativamente com o “*carpet boom*” (v. Fig. 3.6) [42].

4 ENQUADRAMENTO LEGAL

4.1 RUÍDO OCUPACIONAL

O ruído é um dos agentes físicos que gera mais incomodidade. É responsável por conflitos entre pessoas, entre pessoas e empresas, e por causar problemas de saúde a quem lhe está exposto. Podendo em casos mais extremos, muito comuns, causar surdez. O ruído gerado nos locais de trabalho gera muitas vezes problemas de saúde e em muitos casos, é causa de surdez profissional.

Em Portugal o número de trabalhadores identificados com doenças profissionais é bastante elevado, sendo a surdez profissional uma das doenças profissionais mais frequentes, embora nem sempre fácil de diagnosticar.

Com o objectivo de prevenir o aparecimento da surdez profissional e de manter registos do historial de exposição de cada trabalhador ao ruído durante o trabalho, existe no nosso país legislação específica em vigor, nomeadamente:

LEI Nº 7/2009 DE 12 DE FEVEREIRO – CAPÍTULO IV. ART.º 281.º – ART.º 283.º

Relativa à prevenção e reparação de acidentes de trabalho e doenças profissionais.

Aborda os princípios gerais a observar em matéria de segurança e saúde no trabalho, na medida em que o trabalhador tem direito a prestar trabalho em condições de segurança e saúde. O empregador deverá assegurar essas condições, aplicando os princípios gerais de prevenção. Para tal é necessário que este informe os trabalhadores sobre os aspectos relevantes para a sua segurança e saúde; consulte em tempo útil os representantes dos trabalhadores ou os próprios trabalhadores sobre as medidas de prevenção a aplicar; forme, adequadamente, os trabalhadores de forma a que estes estejam habilitados a prevenir os riscos associados à respectiva actividade. O trabalhador é obrigado a cumprir as regras de segurança e saúde no trabalho impostas por demais legislação aplicável e pelo próprio empregador.

LEI Nº 102/2009 DE 10 SETEMBRO - ARTIGOS 5.º, 15.º, 17.º, 18.º, 19.º, 20.º

Relativa ao regime jurídico da promoção da segurança e saúde no trabalho.

Enfatiza a ideia de que o trabalhador tem direito à prestação de trabalho em condições que assegurem a sua segurança e a sua saúde, asseguradas pelo empregador. A prevenção dos riscos profissionais deverá assentar numa correcta e permanente avaliação de riscos e ser

desenvolvida de acordo com os princípios gerais de prevenção, demais políticas, programas e normas aplicáveis. O empregador deverá assegurar ao trabalhador as condições de segurança e saúde em todos os aspectos do seu trabalho, devendo essas condições serem asseguradas de forma continuada e permanente. Em situações em que seja necessário aceder a zonas de risco elevado apenas o trabalhador com aptidão e formação adequadas o poderá fazer. O empregador deverá assegurar a vigilância da saúde do trabalhador em função dos riscos a que estiver exposto. O empregador deverá consultar, informar e formar os seus trabalhadores no domínio da segurança e saúde no trabalho, tendo em atenção o posto de trabalho e o exercício de actividades de risco elevado.

DECRETO – LEI N.º 182/2006, DE 6 DE SETEMBRO

Relativo às prescrições mínimas de segurança e saúde em matéria de exposição dos trabalhadores aos riscos decorrentes do ruído e transpõe a Directiva n.º 2003/10/CE de 6 Fevereiro.

O diploma em apreço é aplicável em todas as actividades dos sectores privado, cooperativo e social, da administração pública central, regional e local, dos institutos públicos e das demais pessoas colectivas de direito público, bem como a trabalhadores por conta própria.

O presente Decreto - Lei estabelece o valor limite de exposição e os valores de acção de exposição superior e inferior e determina um conjunto de medidas a aplicar sempre que sejam atingidos ou ultrapassados esses valores.

Com este diploma legal, passam a estar definidos **três níveis de intervenção**:

Valores limite de exposição: $L_{EX, 8h} = L_{EX, 8h} = 87$ dBA e $L_{Cpico} = 140$ dBC

Valores de acção superiores: $L_{EX, 8h} = L_{EX, 8h} = 85$ dBA e $L_{Cpico} = 137$ dBC

Valores de acção inferiores: $L_{EX, 8h} = L_{EX, 8h} = 80$ dBA e $L_{Cpico} = 135$ dBC

Este Decreto – Lei estabelece algumas obrigações da entidade patronal, face aos três níveis de intervenção definidos, que pela sua importância são de seguida apresentados (v. Tabela 4.1):

Tabela 4.1 Quadro Resumo das obrigações da entidade patronal [adaptado 19].

ACÇÃO A DESENVOLVER	Exposição Pessoal Diária ao Ruído Inferior aos Valores de Acção Inferiores	Exposição Pessoal Diária ao Ruído Igual ou Superior aos Valores de Acção Inferiores	Exposição Pessoal Diária ao Ruído Igual ou Superior aos Valores de Acção Superiores
Permitir o acesso dos trabalhadores aos resultados das avaliações individuais e às medidas a tomar para eliminar ou reduzir ao mínimo os riscos resultantes da exposição ao ruído.	Obrigatório	Obrigatório	Obrigatório
Informar os trabalhadores sobre os riscos potenciais para a segurança e saúde derivado da exposição ao ruído durante o trabalho.	-	Obrigatório	Obrigatório
Consultar os trabalhadores sobre a selecção dos protectores de ouvidos	-	Obrigatório	Obrigatório
Disponibilizar protectores de ouvidos	-	Obrigatório	Obrigatório
Utilizar protectores de ouvidos.	-	Facultativo	Obrigatório
Verificar a função auditiva	-	-	Anualmente
Realizar exames audiométricos	-	Bienalmente	Anualmente
Colocar em prática um programa de medidas técnicas e organizacionais para redução da exposição ao ruído.	-	-	Obrigatório
Avaliar os riscos da exposição ao ruído durante o trabalho	Sempre que haja alterações significativas nos postos de trabalho ou se o resultado da vigilância da saúde demonstrar a necessidade de nova avaliação	Sempre que haja alterações significativas nos postos de trabalho ou se o resultado da vigilância da saúde demonstrar a necessidade de nova avaliação.	Sempre que haja alterações significativas nos postos de trabalho ou se o resultado da vigilância da saúde demonstrar a necessidade de nova avaliação, ou caso, não se verifique nenhuma das anteriores, com periodicidade mínima de 1 ano.

INTERNATIONAL STANDARD ISO/DIS 9612 – DETERMINATION OF OCCUPATIONAL NOISE EXPOSURE – ENGINEERING METHOD

Estabelece três métodos de medição de ruído ocupacional bem como o método de cálculo da incerteza associada à medição.

O seu cálculo é importante dado que existem instrumentos de medição envolvidos e as acções a empreender pelo empregador são distintas consoante os resultados obtidos.

4.2 RUÍDO AMBIENTE

Existe cada vez mais a consciencialização e a preocupação da sociedade no que diz respeito à qualidade do meio ambiente, que tem sido objecto de uma degradação muito acentuada.

Uma das componentes a ter em conta na análise integrada do meio ambiente é o ruído, denominado poluição sonora, sendo, actualmente, um dos parâmetros que mais contribui para a degradação da qualidade de vida das populações, com todas as consequências negativas para a saúde e bem-estar dos indivíduos.

Foi devido à crescente importância que os problemas de ruído têm hoje em dia, em que existe um aumento das fontes de ruído e dos seus níveis de intensidade, que se procedeu à revisão do regulamento geral do ruído, através do Decreto – lei n.º 9/2007, de 17 de Janeiro.

Assim sendo, o novo quadro legal relativo a ruído ambiente consiste no Decreto-lei n.º 9/2007, de 17 de Janeiro, que aprova o Regulamento Geral de Ruído (RGR – Regulamento Geral do Ruído) e no Decreto-lei n.º 146/2006, de 31 de Julho, que transpõe a Directiva n.º 2002/49/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 25 de Junho, relativa à avaliação e gestão do ruído ambiente (adiante designado DRA).

O âmbito do RGR é mais vasto do que o da DRA, aplicando-se às actividades ruidosas permanentes, temporárias, às infra-estruturas de transporte e a outras fontes de ruído susceptíveis de causar incomodidade e ainda ao ruído de vizinhança; a DRA estabelece um regime especial para as grandes infra-estruturas de transporte rodoviário, ferroviário e aéreo e para as aglomerações de maior expressão populacional.

O Decreto-lei n.º 9/2007, de 17 de Janeiro foi rectificado pela Declaração de Rectificação n.º 18/2007, de 16 de Março, e alterado pelo Decreto-lei n.º 278/2007, de 1 de Agosto.

O Decreto-lei n.º 146/2006, de 31 de Julho foi rectificado pela Declaração de Rectificação n.º 57/2006, de 31 de Agosto.

DECRETO - LEI N.º 146/2006 DE 31 DE JULHO

O presente Decreto - lei requer explicitamente a elaboração de mapas de ruído sob a forma estratégica para identificação de grandes fontes de ruído e de zonas com manifestos problemas de poluição sonora onde deverão incidir planos de acção para redução de ruído ambiente sempre que necessário e em especial quando os níveis de exposição sejam susceptíveis de provocar efeitos prejudiciais para a saúde humana e de preservar a qualidade do ambiente acústico. Para além disso requer a prestação de informação ao público sobre o ruído ambiente e os seus efeitos.

DECRETO - LEI N.º 9/2007, DE 17 DE JANEIRO

Aprova o Regulamento Geral do Ruído.

O presente diploma legal regula as seguintes fontes de ruído:

- a) A actividade ruidosa permanente
- b) A actividade ruidosa temporária
- c) Ruído de Vizinhança
- d) Infra-estruturas de transporte (aéreo, ferroviário e rodoviário)
- e) Veículos rodoviários a motor
- f) Sistemas de alarme instalados em veículos

Períodos de referência

São introduzidos novos períodos de referência a ter em conta na avaliação de ruído:

Período Diurno – das 07 às 20 horas;

Período do Entardecer – das 20 às 23 horas;

Período Nocturno – das 23 às 07 horas.

O RGR apresenta de novo 3 períodos de referência, o que constitui uma alteração significativa já que o anterior regulamento (DL n.º 292/2000, de 14 de Novembro) apresentava apenas o Período Diurno e o Período Nocturno.

Indicadores de ruído

Nas definições, destaque ainda para os novos indicadores de ruído:

«Indicador de ruído diurno-entardecer-nocturno (L_{den})» o indicador de ruído, expresso em dBA, associado ao incómodo global, dado pela equação (4.1).

$$L_{den} = 10 \log_{24} \left[13 \times 10^{\frac{L_d}{10}} + 3 \times 10^{\frac{L_e+5}{10}} + 8 \times 10^{\frac{L_n+10}{10}} \right] \quad (4.1)$$

Em que L_d «o indicador de ruído diurno» é o nível sonoro médio de longa duração, determinado durante uma série de períodos diurnos representativos de um ano;

Em que L_e «o indicador de ruído do entardecer» é o nível sonoro médio de longa duração, determinado durante uma série de períodos do entardecer representativos de um ano;

Em que L_n «o indicador de ruído nocturno» é o nível sonoro médio de longa duração, determinado durante uma série de períodos nocturnos representativos de um ano;

Valores Limite de Exposição

Em função da classificação de uma zona como mista ou sensível, o RGR estabelece no artigo 11.º os seguintes valores limite de exposição (ruído ambiente exterior) (v. Tabela 4.2):

Tabela 4.2 Valores limite de exposição [adaptado 20].

Tipo de zona	Descritor L_{den} (dBA)	Descritor L_n (dBA)
Zona Mista	≤ 65 ¹	≤ 55 ¹
Zona Sensível	≤ 55 ¹	≤ 45 ¹
Zona Sensível com uma grande infra-estrutura de transporte em exploração na proximidade	≤ 65	≤ 55
Zona Sensível com uma grande infra-estrutura de transporte aéreo projectada para a proximidade	≤ 65	≤ 55
Zona Sensível com uma grande infra-estrutura de transporte que não aéreo projectada para a proximidade	≤ 60	≤ 50
Zona não classificada	≤ 63 ²	≤ 53 ²

Os receptores sensíveis isolados não integrados em zonas classificadas, por estarem localizados fora dos perímetros urbanos, são equiparados, em função dos usos existentes na sua proximidade, a zonas sensíveis ou mistas.

Para a verificação da conformidade destes valores, a avaliação deve ser efectuada junto do ou no receptor sensível, através da realização de medições acústicas ou da consulta de mapas de ruído.

Actividades Ruidosas Permanentes

São interditos a instalação e o exercício de actividades ruidosas de carácter permanente em zonas sensíveis, excepto as actividades permitidas em zonas sensíveis. Estas actividades, as actividades ruidosas permanentes que se instalem em zonas mistas, nas envolventes das zonas sensíveis ou mistas ou na proximidade dos receptores sensíveis isolados, estão sujeitas:

- Cumprimento dos valores limite de exposição;

¹ Os municípios podem estabelecer em espaços delimitados, designadamente em centro históricos, valores inferiores em 5 dBA.

² Valor limite a aplicar aos receptores sensíveis

- Cumprimento do critério de incomodidade.

O critério de incomodidade é considerado como a diferença entre o valor do indicador L_{Aeq} do ruído ambiente determinado durante a ocorrência do ruído particular da actividade ou actividades em avaliação e o valor do indicador L_{Aeq} do ruído residual, diferença que não pode exceder 5 dBA no período diurno, 4 dBA no período do entardecer e 3 dBA no período nocturno, nos termos do anexo I do regulamento.

Este diploma introduz outra agravante para as actividades ruidosas permanentes, que é o facto da obrigatoriedade destas actividades cumprirem os valores limite de exposição (artigo 11.^o), requerer que seja sempre determinado o L_{den} , o que implica que se tenha de determinar sempre o L_d , L_e e o L_n , durante uma série de períodos representativos de um ano, mesmo que a actividade ruidosa permanente seja exercida apenas no período diurno.

A adopção de medidas de redução de ruído no receptor sensível (isolamento sonoro) é da responsabilidade da actividade ou do proprietário do receptor sensível, conforme quem seja titular da autorização ou licença mais recente. Na prática, se for licenciada a construção de uma habitação junto de uma fábrica já em laboração e licenciada ou de uma grande infraestrutura de transporte, compete ao proprietário da habitação reforçar o seu isolamento sonoro.

Actividades Ruidosas Temporárias

É proibido o exercício de actividades ruidosas temporárias na proximidade de:

- Edifícios de habitação, aos sábados, domingos e feriados e nos dias úteis entre as 20 e as 8 horas (no antigo RLPS (Regime Legal de Poluição Sonora) era das 18 às 07 horas);
- Escolas, durante o respectivo horário de funcionamento;
- Hospitais ou estabelecimentos similares.

Estas actividades podem ser autorizadas, em casos excepcionais e devidamente justificados, mediante emissão de licença especial de ruído pelo respectivo município, que fixa as condições do exercício da actividade.

A licença especial de ruído, quando emitida por um período superior a um mês, fica condicionada ao respeito nos receptores sensíveis do valor limite do indicador L_{Aeq} do ruído

ambiente exterior de 60 dBA no período do entardecer e de 55 dBA no período nocturno, reportando este indicador a um dia para o período de referência em causa.

As obras de recuperação, remodelação ou conservação realizadas no interior de edifícios destinados à habitação, comércio ou serviços que constituam fonte de ruído, apenas podem ser realizadas em dias úteis, entre as 8 e as 20 horas, não se encontrando sujeitas à emissão de licença especial de ruído.

A principal diferença do novo RGR reside no alargamento do período destinado às actividades ruidosas temporárias que, de acordo com o anterior regulamento, nos dias úteis só podiam ser realizadas entre as 8 e as 18 horas.

Realização de ensaios e medições acústicas

Para além disto o novo enquadramento legal veio reforçar a ideia, no artigo 34.º, que os ensaios e medições acústicas necessárias para a verificação do cumprimento do RGR têm de ser realizados por entidades acreditadas.

NP 1730 -1 1996 – DESCRIÇÃO E MEDIÇÃO DO RUÍDO AMBIENTE – PARTE 1: GRANDEZAS FUNDAMENTAIS E PROCEDIMENTOS

Define as grandezas fundamentais a serem usadas para caracterizar o ruído ambiente e descreve os procedimentos gerais para a determinação dessas grandezas.

NP 1730 – 2 1996 - DESCRIÇÃO E MEDIÇÃO DO RUÍDO AMBIENTE – PARTE 2: RECOLHA DE DADOS RELEVANTES PARA O USO DO SOLO

Descreve métodos para a recolha de dados que forneçam parâmetros que permitam: que a descrição do ruído ambiente numa determinada zona seja efectuada de modo uniforme; que a compatibilidade de qualquer actividade existente ou prevista numa zona seja avaliada em função do ruído existente.

NP 1730 – 3 1996 - DESCRIÇÃO E MEDIÇÃO DO RUÍDO AMBIENTE – PARTE 3: APLICAÇÃO AOS LIMITES DO RUÍDO

Fornece as directrizes para a especificação de limites de ruído (descritores de ruído, intervalos de tempo relevantes, locais de verificação de limites e condições meteorológicas). Para além disso descreve também métodos para a aquisição de dados que permitam a verificação de conformidade de situações específicas de ruído com limites estabelecidos.

ISO 1996 – 1: 2003 – DESCRIPTION, MEASUREMENT AND ASSESSMENT OF ENVIRONMENTAL NOISE – PART 1 – BASIC QUANTITIES AND ASSESSMENT PROCEDURES

Define as grandezas básicas que deverão ser usadas para a descrição do ruído ambiental e descreve os procedimentos básicos para avaliação do mesmo.

ISO 1996 – 2: 2007 – DESCRIPTION, MEASUREMENT AND ASSESSMENT OF ENVIRONMENTAL NOISE – PART 2 – DETERMINATION OF ENVIRONMENTAL NOISE LEVELS

Descreve as várias metodologias de determinação dos níveis de pressão sonora.

Introduz o conceito de incerteza associado ao resultado da avaliação de ruído ambiental.

4.3 EQUIPAMENTOS DE MEDIÇÃO

PORTARIA Nº 977/2009 DE 1 DE SETEMBRO

Aprova o Regulamento do Controlo Metrológico dos Sonómetros e revoga a Portaria n.º 1069/89 de 13 de Dezembro.

5 ESTUDO EXPERIMENTAL

5.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Neste capítulo pretende-se apresentar a metodologia e os procedimentos adoptados para a monitorização de ruído laboral a que os trabalhadores que desempenham tarefas nas proximidades dos F - 16 estão expostos e do ruído ambiente a que as populações vizinhas estão sujeitas aquando das missões de treino.

Para além disso, serão avaliados e discutidos os resultados obtidos no âmbito do presente estudo, na tentativa de minimizar os efeitos adversos sobre os trabalhadores, população, vegetação e/ou animais.

5.2 A FORÇA AÉREA PORTUGUESA

A Força Aérea Portuguesa (FAP) foi criada em 1 de Julho de 1952, constituindo-se como ramo independente das Forças Armadas, em paralelo com o Exército e com a Armada e integrando as aviações incorporadas naqueles ramos [4, 5].

Os sistemas de armas da Força Aérea têm características de elevada especialidade em relação aos outros ramos, tais como a velocidade, a mobilidade, o alcance e a flexibilidade de emprego, quer seja em operações com meios exclusivos, quer seja em operações conjuntas ou combinadas. Daí que o melhor aproveitamento daquelas características exija soluções organizacionais, funcionais e relacionais próprias deste ramo, das quais se salientam a centralização do comando e controlo e a descentralização da execução, bem como a relevância da organização funcional [4, 5].

A Força Aérea é parte integrante do sistema de forças nacional e tem por missão cooperar, de forma integrada, na defesa militar da República, através da realização de operações aéreas, e na defesa aérea do espaço nacional. Compete-lhe, ainda, satisfazer missões no âmbito dos compromissos internacionais, bem como nas missões de interesse público que especificamente lhe forem consignadas [4, 5].

5.2.1 ORGANIZAÇÃO

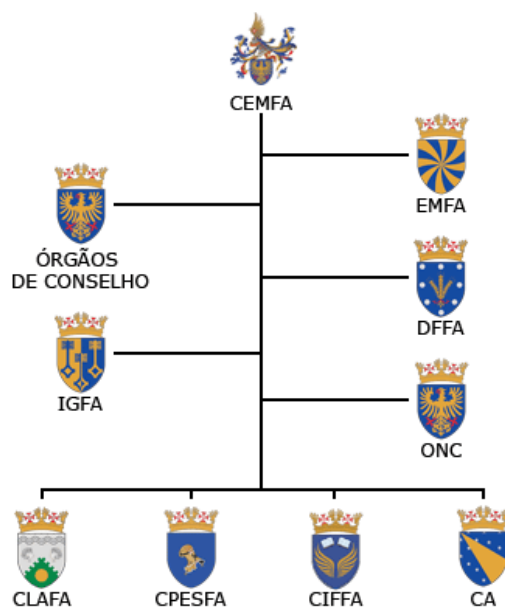


Figura 5.1 Organização da Força Aérea Portuguesa [5].

A Força Aérea Portuguesa está organizada em três níveis de decisão:

- Estratégico;
- Programação;
- Execução.

O Nível de Decisão Estratégico compete ao Chefe de Estado - Maior da Força Aérea, que exerce o comando da FAP, e é apoiado pelo Estado - Maior da Força Aérea, enquanto que o Nível de Programação compete aos quatro comandos funcionais da FAP, sendo eles o CLAFA (Comando Logístico e Administrativo Força Aérea), CPESFA (Comando Pessoal Força Aérea), CA (Comando Aéreo) e CIFFA (Comando de Instrução e Formação Força Aérea) e o Nível de Execução está atribuído às unidades e órgãos dependentes dos comandos funcionais [5].

5.2.2 NÍVEL DE DECISÃO ESTRATÉGICO

Chefe do Estado - Maior da Força Aérea (CEMFA):

O Chefe do Estado - Maior da Força Aérea (CEMFA) é o comandante da Força Aérea.

O CEMFA é o principal colaborador do Ministro da Defesa Nacional e do Chefe do Estado Maior General das Forças Armadas (CEMGFA) em todos os assuntos respeitantes à Força Aérea,

tendo a competência fixada na lei e participando, por inerência do cargo, nos órgãos de conselho nela previstos [5].

Estado - Maior da Força Aérea (EMFA):

O Estado - Maior da Força Aérea (EMFA) constitui o órgão de estudo, concepção e planeamento da actividade da Força Aérea, para apoio à decisão do CEMFA.

Compreende:

- Divisão de Recursos;
- Divisão de Operações;
- Divisão de Planeamento e
- Divisão Comunicações e Sistemas de Informação [5].

5.2.3 NÍVEL DE PROGRAMAÇÃO

Comando Aéreo (CA):

O Comando Aéreo (CA) tem por missão apoiar o exercício do comando por parte do Chefe de Estado - Maior da Força Aérea, tendo em vista:

- A preparação, o aprontamento e a sustentação das forças e meios da componente operacional do sistema de forças;
- O cumprimento das missões particulares aprovadas, de missões reguladas por legislação própria e de outras missões de natureza operacional que sejam atribuídas à Força Aérea;
- A articulação funcional permanente com o Comando Operacional Conjunto, incluindo as tarefas de coordenação administrativo - logísticas, sem prejuízo das competências próprias do Chefe de Estado - Maior da Força Aérea;
- O planeamento, o comando e controlo da actividade aérea;
- A administração e direcção das unidades e órgãos da componente fixa, colocados na sua directa dependência;
- Planear, dirigir e controlar a segurança militar das unidades das unidades e órgãos da Força Aérea [5].

Sendo os seus dependentes os seguintes órgãos e bases aéreas:

- Comando da Zona Aérea dos Açores;
- Comando da Zona Aérea da Madeira;
- Base Aérea n.º 5;

- Base Aérea n.º 6;
- Base Aérea n.º 11;
- Aeródromo de Manobra n.º 1;
- Aeródromo de Trânsito n.º 1;
- Aeródromo de Manobra n.º 3;
- Campo de Tiro;
- Centro de Treino de Sobrevivência da Força Aérea;
- Estação de Radar n.º 1;
- Estação de Radar n.º 2;
- Estação de Radar n.º 3 [5].

Comando de Pessoal da Força Aérea (CPESFA):

O Comando de Pessoal da Força Aérea tem por missão a administração dos recursos humanos para a execução dos planos e directivas aprovadas pelo CEMFA, sendo seus órgãos dependentes:

- Direcção de Pessoal;
- Direcção de Saúde;
- Base do Lumiar;
- Serviço de Justiça e Disciplina;
- Serviço de Acção Social;
- Centro de Assistência Religiosa [5].

Comando Logístico e Administrativo da Força Aérea (CLAFA)

O Comando Logístico e Administrativo da Força Aérea tem por missão administrar os recursos materiais, de comunicações e sistemas de informação e infra-estruturas da Força Aérea, para a execução dos planos e directivas aprovadas pelo CEMFA garantir o cumprimento dos requisitos para a certificação da navegabilidade das aeronaves militares, sendo os seus órgãos dependentes:

- Direcção de Abastecimento e Transportes;
- Direcção de Comunicações e Sistemas de Informação;

- Direcção de Engenharia e Programas;
- Direcção de Infra - Estruturas;
- Direcção de Manutenção de Sistemas de Armas;
- Depósito Geral de Material da Força Aérea [5].

Comando da Instrução e Formação da Força Aérea (CIFFA):

O Comando da Instrução e Formação da Força Aérea tem por missão assegurar o recrutamento e as actividades de instrução e formação na Força Aérea, de acordo com os planos e directivas aprovadas pelo CEMFA.

O comandante da Instrução e Formação da Força Aérea é um Tenente - General, na directa dependência do CEMFA, sendo seus órgãos dependentes:

- Academia da Força Aérea;
- Direcção de Instrução;
- Centro de Formação Militar e Técnica da Força Aérea;
- Centro de Recrutamento da Força Aérea;
- Base Aérea n.º 1[5].

5.2.4 EQUIPAMENTO

A Força Aérea Portuguesa é hoje, em termos internacionais, uma força de média dimensão, com equipamento ao nível dos mais modernos do mundo. Contrariamente a outras forças aéreas, a FAP não atribui uma designação própria às suas aeronaves, adoptando normalmente a designação do fabricante ou fornecedor. Actualmente, a FAP possui o seguinte material de voo [5]:

Aeronaves de Luta aérea

- Lockheed Martin F - 16 A/B MLU;
- Lockheed Martin F - 16 A/B OCU.

Aeronaves de luta anti - superfície

- Dassault - Dornier Alpha-Jet;
- Lockheed P3 P Orion;

- Lockheed Martin F - 16 A/B OCU.

Aeronaves de Apoio

- CASA C-212 - 100 Aviocar;
- CASA C-212 - 300 Aviocar;
- Casa C - 295;
- Lockheed C - 130 H/H - 30 Hercules;
- Marcel - Dassault Falcon 50;
- Aerospatiale SE - 3160 Alouette III;
- Agusta - Westland EH - 101 Merlin;
- Aerospatiale SA - 330 Puma.

Aeronaves de Instrução

- Aérospatiale Epsilon - TB 30;
- CASA C - 212 - 100 Aviocar;
- OGMA Chipmunk Mk 20 (modificado);
- Dassault - Dornier Alpha - Jet;
- Aerospatiale SE - 3160 Alouette III;
- ASK - 21;
- L - 23 Super Blanik.

5.3 CARACTERIZAÇÃO ÁREA DE ESTUDO: BASE AÉREA Nº 5 (BA 5)

5.3.1 CARACTERIZAÇÃO E LOCALIZAÇÃO

A **Base Aérea Nº5 (BA5)**, localizada a escassos quilómetros da povoação de Monte Real, conhecida pela excelência das suas termas, em pleno coração do Pinhal de Leiria, mais propriamente na localidade de Serra do Porto de Urso (v. Figs 5.3 a 5.5), é um aeródromo militar da Força Aérea Portuguesa vocacionado sobretudo para a aviação de caça. A BA5, de

acordo com o RGR, está inserida numa zona sensível, constituída, essencialmente, por habitações, escolas, espaços de lazer e pequenas unidades de comércio, restauração, hotelaria e serviços. É possível evidenciar uma densidade populacional, significativa, no topo Norte, zona Este e Nordeste da Pista.

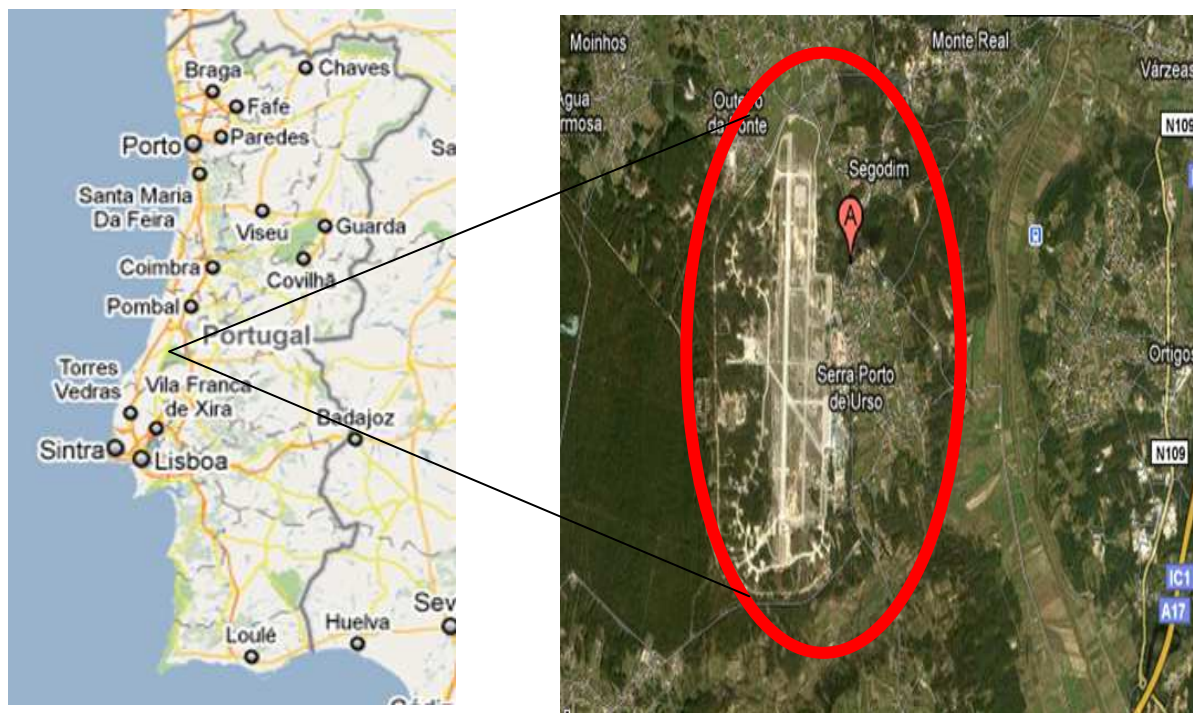


Figura 5.2 Localização Base Aérea nº 5 [107]. **Figura 5.3** Pormenor localização Base Aérea nº 5 [107].



Figura 5.4 Ampliação da Localização da Base Aérea nº 5 [107].

5.3.2 MISSÃO

Erigida no local em que outrora funcionou o Aero Club de Leiria, a Base Aérea nº5 foi inaugurada em 4 de Outubro de 1959. A Base Aérea Nº5 (BA5) foi desde sempre destinada a defesa aérea, tendo sido construída num local central do território Continental Português, de modo a permitir a intervenção rápida dos seus caças em qualquer ponto do território [5].

5.3.3 MEIOS AÉREOS

Foram operados pela Base os seguintes meios aéreos:

- 1959 – F - 86F Sabre;
- 1966 – Fiat G.91;
- 1974 – T - 33 (para instrução);
- 1977 – T - 38 (para instrução);
- 1981 – A - 7P Corsair II.

Actualmente, estão ser operados na BA5 o F - 16AM/BM *Fighting Falcon* (MLU) e o F - 16A/B *Fighting Falcon* (OCU), estando os mesmos associados a duas esquadras de voo: a Esquadra 201 – Falcões e a Esquadra 301 – Jaguares [5].

5.3.4 ESQUADRAS DE VOO

Esquadra 201 – Falcões

A **Esquadra 201** (v. Fig. 5.5) - “Os Falcões” - opera as aeronaves F - 16A/B *Fighting Falcon* (OCU) estando-lhe atribuída como principal missão as operações de luta aérea defensiva (ataque ar - ar). Como missões secundárias, executa operações de apoio aéreo ofensivo e interdição aérea, sendo considerada uma esquadra de caça [5].



Figura 5.5 Símbolo da Esquadra 201 [5].

Esquadra 301 – Jaguares

Em Novembro de 2005 a **Esquadra 301** (v. Fig. 5.6) – “Jaguares” - foi transferida da Base Aérea de Beja para Monte Real, passando a operar os F - 16AM/BM MLU. A **Esquadra 301** opera as aeronaves F - 16AM/BM, tendo como principal missão as operações de luta aérea defensiva/ofensiva e de anti-superfície (ataque ar - ar e ar - solo), sendo, desta forma, considerada uma esquadra de ataque [5].



Figura 5.6 Símbolo da Esquadra 301 [5].

5.4 CARACTERIZAÇÃO FONTE SONORA

5.4.1 F - 16

5.4.1.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

O F - 16 é um avião de combate supersónico, sendo um dos melhores aviões da actualidade para o combate aéreo e também para o ataque ao solo, dada a sua extraordinária manobrabilidade, possuindo avançadas características aerodinâmicas e capacidade de suportar acelerações até 9G`s positivos e 4G`s negativos. Em operações reais, a defesa aérea envolve o abate de aviões inimigos, através do armamento disponível, só podendo este ser utilizado dentro de um determinado perímetro, ou seja, o alvo tem de estar à frente do avião, a determinada distância. Este avião prima pela elevada capacidade de abater o seu adversário e de não ser abatido. O canhão possui munições de 20 mm, com uma cadência de 6 000 tiros por minuto. Os mísseis, o radar e o computador de tiro fazem do F - 16 um temível sistema de armas. Para além das razões apontadas, o avançado sistema de controlo do avião, os aviónicos, a facilidade da sua manutenção e, de uma forma geral, a avançada tecnologia da sua construção, são outras razões para fazer com que o F - 16 seja considerado um excelente avião para o combate aéreo.

A Força Aérea Portuguesa possui os F - 16MLU e os F - 16OCU. O F - 16MLU (*Mid Life Update*), muito embora exteriormente seja semelhante ao F - 16OCU (*Operational Capability Upgrade*), sofreu significativas alterações em equipamentos, que os colocam ao nível dos melhores aviões de caça do mundo. As modificações mais significativas incluem um conjunto de avançados equipamentos e de *software*, os quais viabilizam a operação deste avião em qualquer cenário de combate e que são as seguintes: computador de voo sofisticado e consequente actualização do *software* de combate; redesenho do *cockpit* e da interface piloto - máquina; radar com melhores capacidades, quer no emprego ar - ar, quer em ar - solo; identificador electrónico de aeronaves; incorporação de GPS; incorporação de *Data Modem* e de *Link 16* (sistema de rádio avançado com capacidade de distribuição de informações, localização de posição e identificação, sendo a função primária distribuir dados de forma digital); incorporação de capacidade de comunicação criptográfica; capacidade de utilização de *Night Vision Goggles* (NVG) (óculos de visão nocturna) e de *Helmet Mounted Sight* (sistema capacete - câmara integrada, o qual permite o bloqueio de alvos que possam surgir em qualquer posição do respectivo campo de visão) (v. Fig. 5.7); incorporação de sistemas de auto - protecção integrados [5].



Figura 5.7 *Helmet Mounted Sight* [1].

Estas transformações conferem à aeronave novas capacidades, sendo as mais relevantes:

- Detecção de alvos aéreos e terrestres a longa distância;
- Operação em quaisquer condições meteorológicas e de luminosidade;
- Identificação de outras aeronaves através de meios de detecção electrónica;
- Integração em redes de gestão do campo de batalha;
- Emprego de mísseis anti - aéreos de longo alcance;
- Emprego de armamento anti-navio e anti - terrestre de longo alcance;
- Emprego de armamento de precisão com guiamento LASER ou GPS [5].

5.4.1.2 DESCRIÇÃO GERAL DO AVIÃO

O F-16 é um caça monomotor, monolugar/bilugar de várias funções com capacidade de combate ar - terra (Esquadra 301 Jaguares) e ar - ar (Esquadra 201 Falcões e Esquadra 301 Jaguares).

5.4.1.2.1 MOTOR

- Pratt-Whitney F100 - PW - 220E

5.4.1.2.2 MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO DO AVIÃO

- 83% Alumínio;
- 5% Aço;

- 2% Titânio;
- 2% Compósitos;
- 8% Fibra de vidro e aço [5].

5.4.1.2.3 DIMENSÕES

Tabela 5.1 Dimensões F – 16 [5].

Envergadura (m)	10
Comprimento (m)	15
Altura (m)	5



5.4.1.2.4 PERFORMANCES

Tabela 5.2 Performances F – 16 [5].

Velocidade Máxima	Raio de Acção	Tecto de Serviço	Peso Vazio (s/ tripulação, combustível, armamento)	Peso máximo à decolagem	Tripulação	Combustível	Quantidade combustível	Peso médio avião
MACH 2,05	3 800 km	50 000 fts	7 390 kg	37 500 lbs	1 piloto (monolugar)	JP8	7 160 lbs (depósitos internos) + 6 730 lbs (depósitos externos)	Monolugar: 25100 lbs Bilugar: 24600 lbs
					2 pilotos (bilugar)			

1 MACH = 340 ms⁻¹ ou 1 MACH = 1224 kmh⁻¹; 1 lbs = 0,45 kg; 1 fts = 0,000305 km

5.4.1.2.5 ESTRUTURA

A estrutura do F - 16 é constituída pelos seguintes grupos (v. Fig. 5.9):

- Grupo da fuselagem (Carcça do Avião);
- Grupo dos estabilizadores;
- Grupo do trem e
- Grupo das asas [3,10].

Grupo da fuselagem (Carcça do Avião)

O grupo da fuselagem é do tipo semi - monocoque metálica (casco reforçado por longarinas; os anéis, cérceas e tabiques dão forma ao casco), caracterizada por uma *canopy* (v. Fig. 5.8) em forma de bolha, sob a qual se situa a entrada de ar do motor [3].

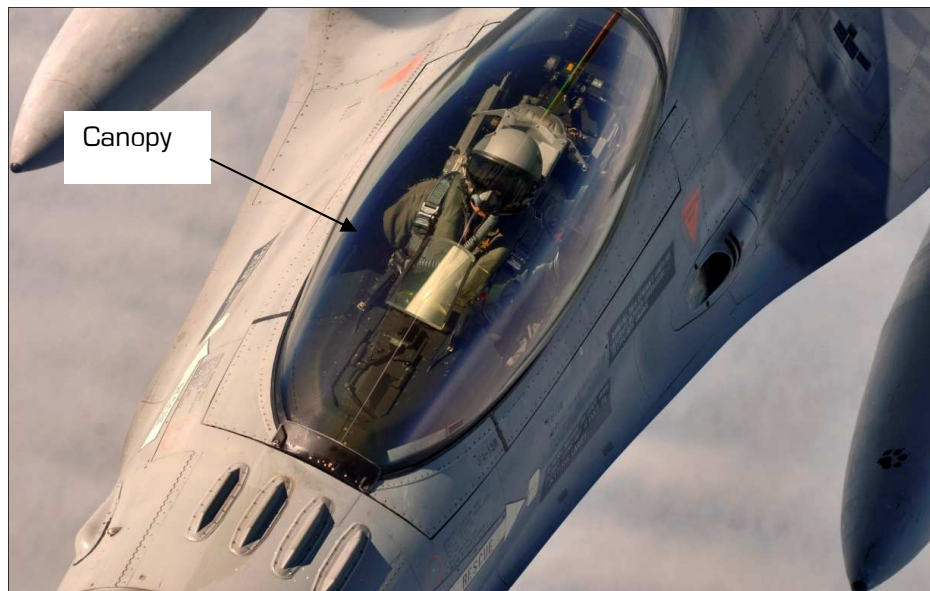


Figura 5.8 Canopy F16 [3].

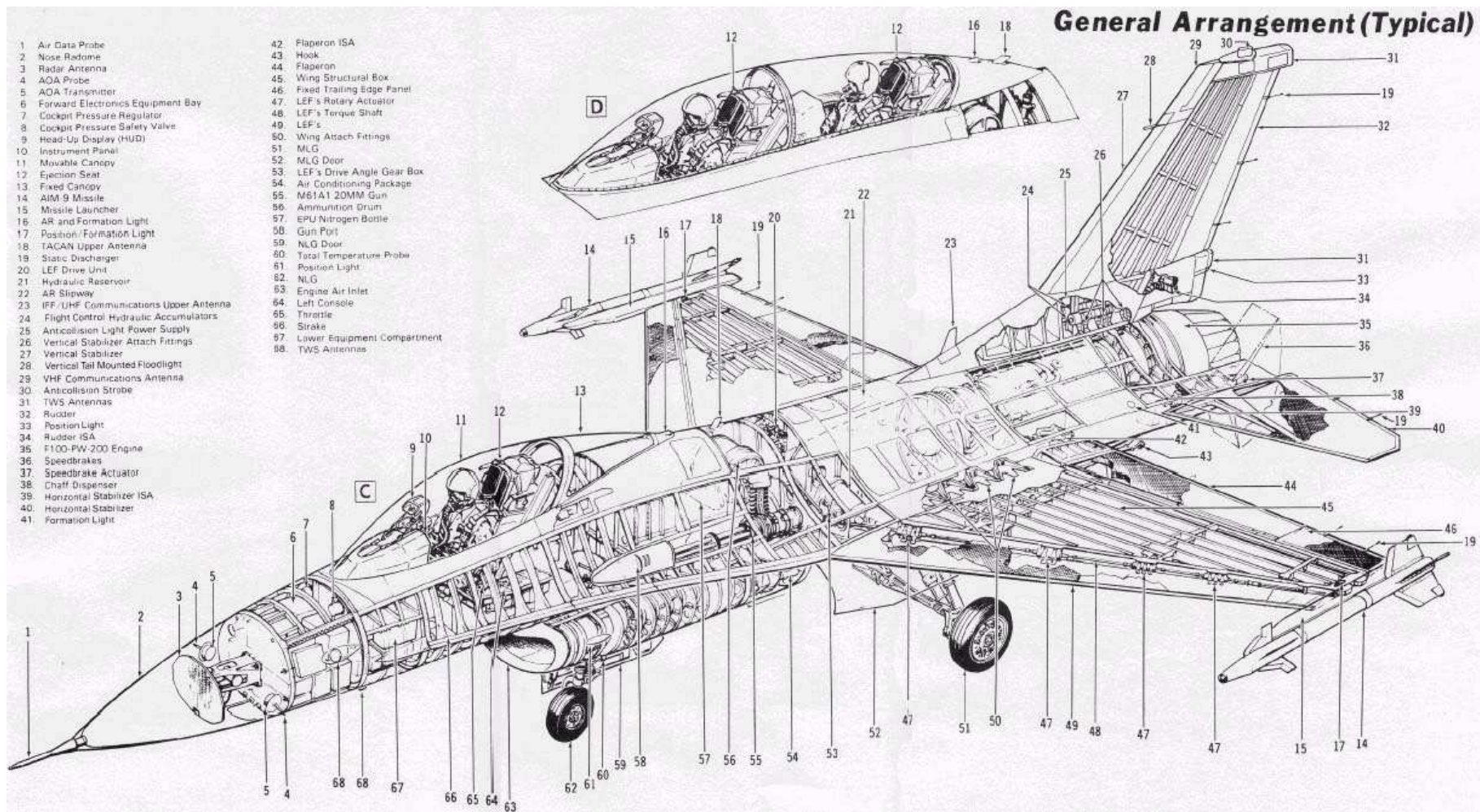


Figura 5.9 Estrutura F - 16 [15].

Grupo dos estabilizadores

O grupo dos estabilizadores consiste no estabilizador vertical, o qual possui o leme de direcção (*rudder*) e que controla o movimento do avião para a esquerda ou para a direita. O controlo deste estabilizador é efectuado pelo piloto através dos pedais situados debaixo do painel de instrumentos. Possui duas barbatanas ventrais (*ventral fins*) e dois estabilizadores horizontais que controlam o movimento do avião para cima ou para baixo, ou a sua subida ou descida. São as barbatanas ventrais que proporcionam um aumento da estabilidade direcciona. Os estabilizadores horizontais possuem um diedro negativo e possibilitam a manobra do avião no eixo longitudinal e transversal (v. Fig. 5.10) [3, 15, 16].



Figura 5.10 Grupo Estabilizadores [3].

Trem de aterragem

O avião é equipado com um trem convencional em triciclo que consiste numa roda no trem do nariz e uma roda em cada trem principal [3, 9].

Grupo das asas

O grupo das asas que fornece a sustentação ao avião. As asas do F - 16 são compostas por duas superfícies móveis que fornecem sustentação, sendo a do bordo de ataque os *LEF* (*Leading Edge Flaps*) e a do bordo de fuga os *flaperons*, desempenhando estas funções de *flaperons* e *ailerons* (v. Fig. 5.11).

De salientar que todas as superfícies de voo são actuadas hidraulicamente, recebendo sinal eléctrico através do sistema Fly - by - Wire (sistema avançado usado por aviões mais evoluídos

tecnicamente, o qual envia impulsos eléctricos por fibra óptica para movimentar as superfícies de voo). Nos aviões mais antigos e/ou menos evoluídos tecnicamente são usados cabos e tirantes para movimentar as superfícies [3, 8, 9, 15, 16].



Figura 5.11 *Flaperons* [3].

5.4.1.2.6 ARMAMENTO

Possui um canhão rotativo de 20 mm a disparar às 11h, de canos múltiplos e com uma cadência de 6000 tiros/min. Nas várias estações existentes nas asas, o avião poderá transportar um vasto leque de mísseis e bombas, entre os quais mísseis BVR AIM - 120 AMRAAM, mísseis de curto alcance *Sidewinder*, bombas "inteligentes" JDAM e JSOW (são guiadas com precisão aos alvos) entre outros (v. Figs. 5.12 e 5.13) [3, 15].



Figura 5.12 Armamento [3].



Figura 5.13 Armamento/Guerra electrónica [3].

5.4.1.2.7 SISTEMA MOTO - PROPULSOR

O sistema moto - propulsor (considerado como a principal fonte de ruído no F - 16) utiliza o motor F100 - PW - 220E, da *Pratt - Whitney*, com cerca de 25 000 Lbs de impulso. É um motor turbo - fan de duplo compressor axial com 13 andares de alta compressão axial, com *augmentor*, uma câmara de combustão anelar com 16 injectores de combustível, quatro andares de turbina, uma conduta da fan a todo o comprimento do motor, permitindo um fluxo de ar combinado para o *augmentor*, terminando na zona de escape de geometria variável (v. Fig. 5.14) [1, 3, 15].

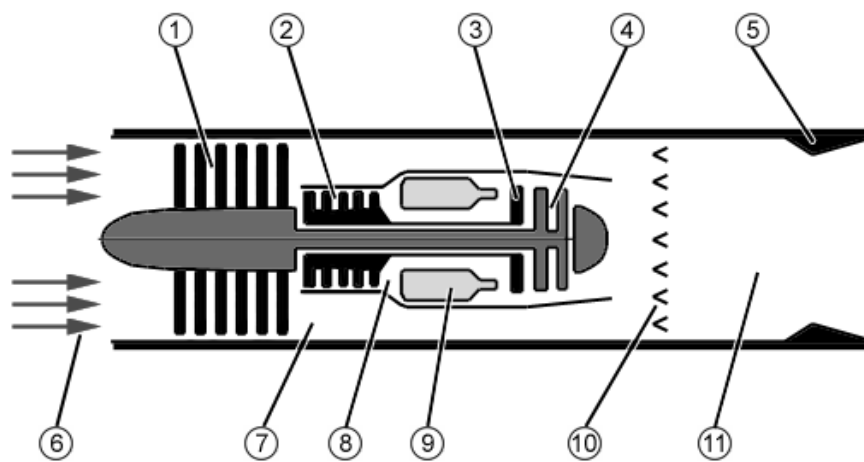


Figura 5.14 Constituintes do motor do F – 16 [15].

LEGENDA:

- 1 - Compressor de baixa pressão
- 2 - Compressor de alta pressão
- 3 - Turbina de alta pressão
- 4 - Turbina de baixa pressão
- 5 - *Nozzle*
- 6 - Entrada de Ar
- 7 - Fluxo de Ar usado para arrefecimento e para o *Afterburner* (Pós combustão)
- 8 - Fluxo de Ar usado Câmara Combustão
- 9 - Câmara de Combustão
- 10 - Injectores de combustível para o Afterburner
- 11 - *Afterburner*

De seguida, apresenta-se alguns dos principais componentes do motor:

Módulos: o motor é baseado num conceito modular, permitindo que partes associadas física e funcionalmente, sejam tratadas como um todo quando removidas e não como secção de um determinado motor. Este conceito permite que um determinado motor volte ao serviço após uma rápida substituição do módulo avariado, em vez de ter de esperar pela sua reparação.

O motor é constituído por 5 módulos (v. Fig. 5.15):

- Módulo da entrada de ar;
- Módulo do *core*,
- Módulo da turbina da *fan*,
- Módulo do *augmentor*,
- Módulo do *gearbox* [1, 3, 7, 13].

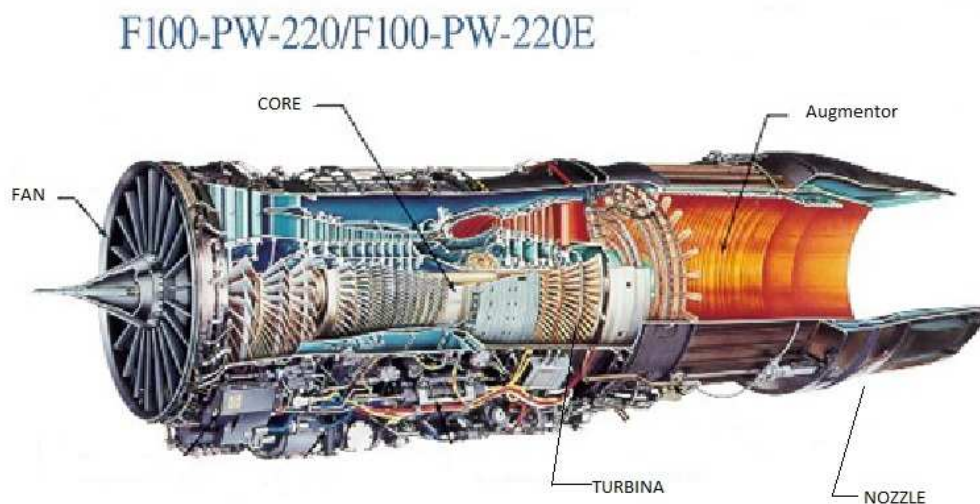


Figura 5.15 Módulos do motor do F – 16 [13].

Drenos: os drenos do motor estão situados na parte inferior deste, constituídos por quatro linhas independentes, combustível, óleo, vapor de óleo e ar, permitem a drenagem de fluido e ar para o exterior prevenindo acumulações explosivas da sua mistura no interior do compartimento do motor [1, 3, 7, 13].

Sistema de combustível: o sistema de combustível do motor consiste nos sistemas de distribuição e de indicação. Este sistema é constituído por vários depósitos ao longo do avião (v. Fig. 5.16) [1, 3, 7, 13].

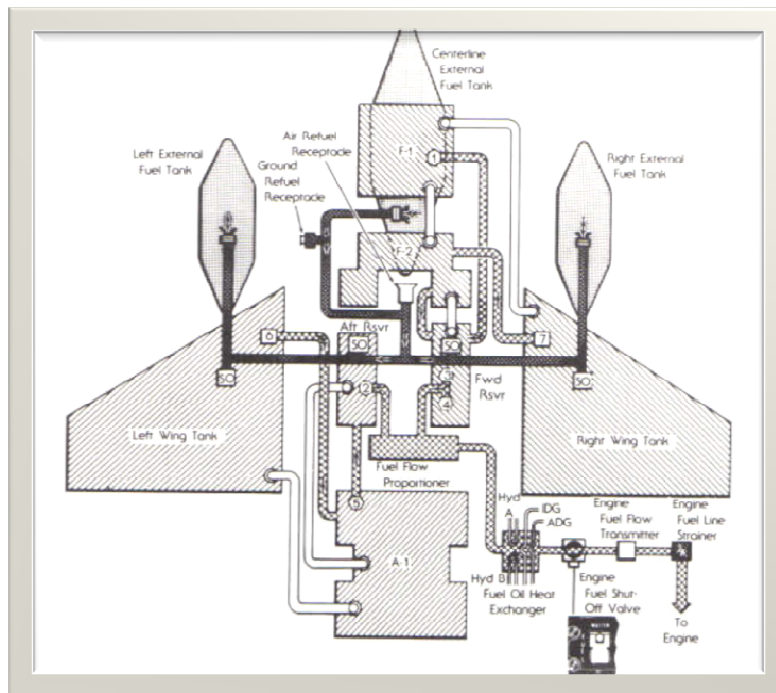


Figura 5.16 Sistema de combustível [3].

Sistema de ignição: a distribuição da ignição é controlada pelo controlo principal de combustível (MFC - Main Fuel Control) e controlo de combustível do *augmentor*, a pedido da manete de potência do motor [1, 3, 7, 13].

Sistema de ar do motor: este sistema é utilizado em várias funções durante o funcionamento do motor, além de sustentar a operação deste, a massa de ar é usada na prevenção da formação de gelo na entrada de ar. É constituído pelos seguintes componentes:

- *Anti-ice valve* (este sistema previne formação de gelo na zona de entrada de ar, através do fornecimento de ar quente vindo do motor);
- Detector de gelo da entrada de ar (detecta possíveis formações de gelo na entrada de ar, e vai fazer actuar a *anti-ice valve*);
- Ejectores no compartimento do motor (*nacelle ejector* - este sistema proporciona a ventilação e purga de vapores de combustível do compartimento do motor através da criação de um fluxo de ar vindo do motor. O sistema é desligado automaticamente em voo, onde o fluxo de ar é suficiente para ventilar o sistema);
- CIVV (Compressor Inlet Variable Vanes) este sistema monitoriza e garante o ângulo correcto de operação das palhetas rotoras da *fan* (v. Fig. 5.17), controlando assim o fluxo da massa de ar através do motor) [3, 7, 13].



Figura 5.17 Motor antes de ir para o banco de ensaios com evidência das palhetas rotoras da Fan [3].

Sistema de controlo do motor: este sistema controla o motor através da medição do fluxo de combustível adequando - o aos vários regimes de funcionamento, desde o arranque até máximo *Augmentor* (*Afterburner* - potência máxima do motor) (v. Fig. 5.18) [3, 7, 13].



Figura 5.18 Motor em teste utilizando *afterburner* [7].

Sistema de indicação: os indicadores do motor estão divididos em três grupos. Potência (este conjunto é composto pelos indicadores de rpm (rotações por minuto) e grau de abertura do escape do motor); Temperatura (este sistema indica a temperatura na turbina do motor);

Análise (este sistema monitoriza erros e armazena-os até serem efectuados *downloads* desses erros para um computador) [3].

Escape do motor (*exhaust nozzle*): é de área variável e de concepção convergente/divergente, construída em ligas leves e cerâmica [3].

Sistema de lubrificação: tem como função armazenar e distribuir o óleo para a lubrificação do motor. É constituído por depósito de óleo, bomba de óleo, radiadores de óleo, filtro de óleo, indicadores de pressão do óleo [3, 7, 13].

Sistema de arranque do motor: a sequência de funcionamento do sistema é completamente automática e autónoma, o que dá ao avião capacidade de arranque do motor sem necessidade de qualquer equipamento exterior de apoio. No caso de uma falha de motor, este sistema assegura o arranque do mesmo até uma altitude máxima de cerca de 7 km. Este sistema possui o *Jet Fuel Starter* (JFS) o qual é um pequeno motor a reacção e é o que fará rodar o motor principal do avião [3, 15].

5.4.1.3 PRINCIPAIS FONTES DE RUÍDO F - 16

O ruído emitido pelos aviões é devido ao escoamento do ar que passa nos motores e pela fuselagem, somado ao ruído gerado pelos motores. O princípio do motor turbo - reactor é o de impelir, a grande velocidade, o ar que entra pela entrada de ar do avião. No escape, são expelidos gases a velocidades e temperaturas elevadas. Esses gases ao entrarem em contacto com o ar ambiente provocam fortes turbulências. As moléculas de ar, existentes nas zonas de grande turbulência, serão submetidas a fortes variações de pressão, provocando níveis de ruído de grande importância.

Na aproximação para a aterragem, o ruído predominante provem essencialmente do escoamento do ar sobre a fuselagem. Nesta fase, a potência dos motores encontra - se diminuída, enquanto que os *flaps*, localizados nas asas, estão abertos, assim como os trens de aterragem. A emissão de ruído dos motores é então inferior.

5.5 CARACTERIZAÇÃO DOS LOCAIS DE AVALIAÇÃO, POSICIONAMENTO DO MICROFONE E LOCALIZAÇÃO DA FONTE RELATIVAMENTE AO LOCAL DE MEDIÇÕES

5.5.1 RUÍDO AMBIENTE

O ruído a que a população está exposta diariamente está associado ao ruído dos F - 16 aquando da sua descolagem e da sua aterragem. Essa mesma população poderá eventualmente estar exposta a ruído resultante de demonstrações aéreas e acrobacias (esporadicamente), bem como a uma situação mais frequente caracterizada pela aproximação do F - 16 à pista seguida do levantar voo do mesmo. Ou seja, no instante em que o F - 16 vai para aterrar é dada potência ao motor e é levantado voo novamente.

O local da pista onde se verifica a descolagem e a aterragem vai depender da direcção do vento, ou seja, a descolagem realizar-se-á de Sul para Norte, quando o vento está de Norte ou Oeste, ou de Norte para Sul, quando o vento está de Sul.

O número médio de movimentos diários de F - 16 ronda os 14 movimentos/dia.

As missões de voo têm normalmente uma duração de 1 h a 1 h30 m.

Por norma, não são efectuadas aterragem nem descolagens depois das 23 horas.

Tendo em conta o anteriormente descrito, os locais de amostragem distribuíram-se pela periferia da área em estudo num total de cinco pontos de avaliação, escolhidos de acordo com a proximidade e possível influência da BA5.

A escolha teve como base a necessidade de avaliar os vários níveis de ruído na envolvente da área afectada à infra - estrutura de transporte aéreo, dando especial importância ao limite da área, à fonte principal de ruído e aos receptores sensíveis existentes.

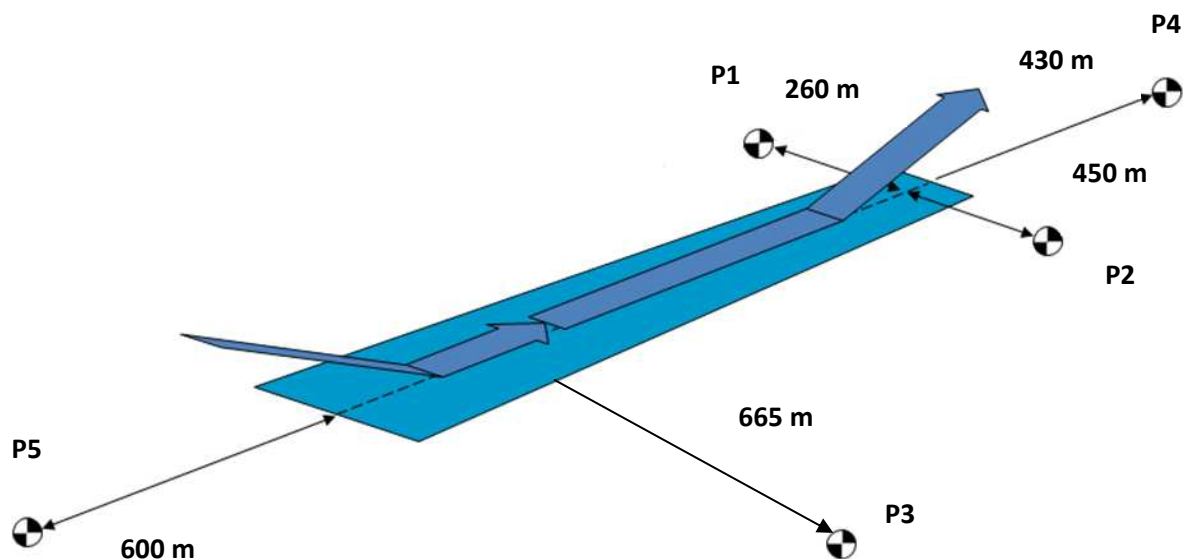
Estes locais poderão ser identificados em plantas apresentadas no ANEXO I e encontram-se descritos na Tabela 5.3.

Tabela 5.3 Descrição dos locais de monitorização de ruído ambiente.

Ponto	Descrição	Ilustração
P1 – Rua dos Arneiros	Ponto localizado junto a uma habitação existente no topo Norte da pista; zona habitacional, de cultivo, vegetação e/ou pastorícia.	
		
P2 – Rua José Maria de Sousa Filipe	Ponto localizado junto a uma habitação existente no lado Nordeste da pista; zona habitacional, de cultivo, vegetação e/ou pastorícia.	
		

P3 – Rua da Base Aérea nº 5	Ponto localizado junto a uma habitação existente no lado Este da pista; zona habitacional, de cultivo, vegetação e/ou pastorícia.	
P4 – Topo Norte da Pista	Dentro do perímetro da BA5 Zona habitacional, de cultivo, vegetação e/ou pastorícia.	
P5 – Topo Sul da Pista	Dentro do perímetro da BA5 Não existem habitações nas imediações	

Relativamente ao posicionamento do microfone e localização da fonte relativamente ao local das medições, é possível constatar esses mesmos dados na Figura 5.19.



Posicionamento do microfone (distâncias aproximadas)

Figura 5.19 Posicionamento do microfone

5.5.2 RUÍDO LABORAL

Os locais de amostragem seleccionados foram os postos de trabalho onde a exposição ao ruído, por parte dos trabalhadores, era maior. Ou seja, nos locais onde se verificava o contacto directo com os F - 16 em funcionamento. A zona monitorizada tem a denominação de linha da frente.

5.5.2.1 A OPERACIONALIDADE DA LINHA DA FRENTE

As inspecções aos F - 16 são geralmente efectuadas no interior de um *shelter*. No interior do mesmo são realizadas verificações com o avião parado e ao *ralenti*. Quando não há *shelters* disponíveis, as inspecções são realizadas em placas de estacionamento.

Terminadas as verificações a efectuar com o avião parado, é chamado o piloto, que em consonância com os mecânicos procedem a mais algumas verificações com o avião ao *ralenti*. É no desenvolvimento destas últimas tarefas que os trabalhadores se encontram expostos ao ruído e consequentemente vibrações. Se o avião se encontra em conformidade, é efectuada a saída do avião para uma última inspecção perto da pista.

De seguida, o avião segue ao *ralenti* para perto da pista onde permanece até ser efectuada a inspecção final (*end - of - runaway*). Terminado o *end - of - runaway*, o avião dirige-se para a pista e para assim proceder à descolagem. Nesta fase de *end - of - runaway* e descolagem do avião, os trabalhadores permanecem igualmente expostos ao ruído.

Durante o período da missão de voo, que tem a duração de aproximadamente 1 h a 1 h30 m, os trabalhadores descansam e/ou realizam outras tarefas.

Terminada a missão de voo, o F - 16 aterra, dirigindo-se ao *ralenti* até aos *shelters* ou placas de estacionamento, onde se encontram os trabalhadores para proceder a novas inspecções, exigindo muitas delas exigem a permanência do avião ao *ralenti* e consequente exposição ao ruído.

5.5.2.2 APRESENTAÇÃO DOS PRINCIPAIS LOCAIS DE TRABALHO MONITORIZADOS E GRUPOS DE TRABALHADORES EXPOSTOS

Na Tabela 5.4 são descritos os locais de trabalhos sujeitos a monitorização do ruído, bem como a categorização profissional do(s) grupo(s) de trabalhadores expostos a esse mesmo ruído.

Tabela 5.4 Locais de trabalho monitorizados.

Ponto	Descrição	Trabalhadores expostos	Ilustração [108]
P1	Dentro do <i>shelter</i> (inspecção inicial com avião ao <i>ralenti</i>)	<i>Crew - chiefs</i>	
P2	Exterior do <i>shelter</i> (inspecção inicial com avião ao <i>ralenti</i>)	<i>Crew - chiefs</i>	

Junto à Pista
 (EOR - *End of Runway*)
 P3
 (inspecção final
 com o avião ao
ralenti antes do
 voo)

Crew - chiefs
 Secção Armamento



Dentro dos *shelters* estão marcadas no solo duas linhas, uma amarela e outra vermelha, que indicam a distância máxima de aproximação de uma pessoa/trabalhador ou quaisquer objectos à entrada de ar do avião. A linha que se encontra mais próxima da entrada de ar (vermelha) indica a distância de segurança para o regime de operação do motor ao *ralenti*; a linha amarela é a que se encontra mais distante e serve de segurança para o regime de operação do motor de maior potência, distando sensivelmente uma da outra entre 2 a 3 m (v. Fig. 5.20).



Figura 5.20 Marcas que indicam as distâncias de segurança [108].

No exterior dos *shelters* ou em quaisquer locais onde o avião possa estar, essas linhas terão de ser imaginadas pelos mecânicos, para se obter sempre uma segurança máxima.

Desta forma, o microfone, durante a monitorização do ruído, encontrava-se colocado nas imediações da linha amarela (a zona de maior segurança), dada a perigosidade do avião e pelo facto de o operador do sonómetro se tratar de uma pessoa sem formação para a aproximação a uma área restrita e com elevadas exigências de qualificação profissional. Os trabalhadores, com o avião em funcionamento, encontravam-se na linha vermelha.

A distância entre o microfone e a fonte de ruído era de aproximadamente 2 a 3 metros.

A direcção de referência do microfone foi a do máximo ruído, tendo em conta as várias limitações e restrições de aproximação do avião.

5.6 METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO

5.6.1 RUÍDO AMBIENTE

5.6.1.1 REGULAMENTAÇÃO SEGUIDA

Na recolha dos dados acústicos, privilegiou-se a metodologia constante da Norma Portuguesa NP 1730 - 1 1996, NP 1730 - 2 1996, NP 1730 - 3 1996, ISO 1993 – 1:2003 – Parte 1 e ISO 1993 – 2:2007 – Parte 2, bem como o constante no Decreto – Lei nº9/2007, 17 Janeiro.

5.6.1.2 DESCRIÇÃO DAS MEDIÇÕES NO TEMPO, INDICANDO OS INTERVALOS DE TEMPO ESCOLHIDOS E A HORA DE INÍCIO DE CADA MEDIÇÃO

Tabela 5.5 Descrição das medições no tempo durante a descolagem.

Ponto	Descrição	Data da medição	Hora Início da Medição	Tempo da Medição
P1	Rua dos Arneiros	03/07/10	10:56	2 min
		11/07/10	11:06	2 min
		24/08/10	18:00	2 min
		14/08/10	21:30	2 min
		24/08/10	21:50	2 min
		25/08/10	21:45	2 min
P2	Rua José Maria de Sousa Filipe	03/07/10	11:26	2 min
		24/08/10	18:10	2 min
		03/09/10	11:11	2 min
		14/07/10	21:46	2 min
		15/07/10	21:34	2 min
		26/08/10	21:50	2 min
P3	Rua da Base Aérea	03/07/10	11:32	2 min
		15/07/10	18:00	2 min
		03/09/10	10:11	2 min
		15/07/10	21:41	2 min
		23/08/10	21:40	2 min
		25/08/10	21:30	2 min
P4	Topo Norte da Pista	25/06/10	14:43	2 min
		03/07/10	11:00	2 min
		11/07/10	11:00	2 min
		03/07/10	20:15	2 min
		24/08/10	21:45	2 min
		26/08/10	21:45	2 min

Tabela 5.6 Descrição das medições no tempo durante aterragem.

Ponto	Descrição	Data da medição	Hora Início da Medição	Tempo da Medição
P1	Rua dos Arneiros	03/07/10	20:00	2 min
		14/07/10	22:55	2 min
		24/08/10	22:57	2 min
		03/09/10	11:11	2 min
		24/08/10	19:30	2 min
		11/07/10	12:30	2 min
P2	Rua José Maria de Sousa Filipe	03/07/10	20:18	2 min
		14/07/10	22:56	2 min
		15/07/10	22:54	2 min
		11/07/10	12:35	2 min
		24/08/10	19:40	2 min
		03/09/10	11:07	2 min
P3	Rua da Base Aérea	Não detectável	-	-
P5	Topo Sul da Pista	25/06/10	12:30	2 min
		11/07/10	12:53	2 min
		03/09/10	11:30	2 min
		23/08/10	20:10	2 min
		25/08/10	20:05	2 min
		26/08/10	21:00	2 min

A duração do ruído a que a população está exposta é variável, dependendo do número de missões de voo e do número de F - 16 que compõe essas missões.

O tempo de medição correspondeu ao tempo de emergência da fonte, ou seja, à duração total do ruído a que a população esteve exposta face a determinada missão de voo. Este período de tempo decorreu desde a descolagem dos F - 16 até ao momento em que estes se deixaram de ouvir. Ou então relativamente à aterragem correspondeu ao momento em que se começou a ouvir o avião na *taxiway* até ao momento em que este se deixa de ouvir devido à aproximação às placas de estacionamento ou chegada ao *shelter*.

5.6.1.3 CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS

As medições efectuadas devem ser acompanhadas do registo das condições meteorológicas que ocorreram durante a sua realização (velocidade e direcção do vento, temperatura, e humidade relativa), assim como o registo do estado de nebulosidade do céu, de modo a permitir a definição das condições de propagação na direcção da distância mais curta que une o receptor e a fonte em avaliação durante a medição (v. Tabela 5.7).

Tabela 5.7 Condições meteorológicas verificadas nos dias da monitorização.

Período de referência	Data	Condições meteorológicas					
		Temperatura média (°C)	Humidade (%)	Velocidade média do vento (kmh ⁻¹)	Direcção do Vento	Nebulosidade (%)	Precipitação
Diurno	25/06/10	24	83	11, 1	Noroeste	0	Não
(07-20h)	03/07/10	18	88	16, 7	Norte	100	Não
	11/07/10	20	78	13	Norte	75	Não
	15/07/10	22	74	11	Nor-Noroeste	0	Não
	24/08/10	25	77	10	Noroeste	0	Não
	03/09/10	19	83	11	Norte	75	Não
Entardecer	03/07/10	19	78	14, 8	Noroeste	0	Não
(20-23h)	14/07/10	18	77	11	Nor-Noroeste	53	Não
	15/07/10	18	83	9, 3	Noroeste	50	Não
	23/08/10	19	84	13	Oes-Noroest	100	Não
	24/08/10	18	77	3, 7	Nor-Noroeste	0	Não
	25/08/10	19	88	11	Noroeste	0	Não
Nocturno	26/08/10	19	87	13	Oes-Noroest	50	Não
	16/07/10	17	88	5, 6	Noroeste	75	Não
	(23-07h) 25/08/10	17	81	3, 7	Sul	0	Não
	04/09/10	19	88	9, 3	Nor-Nordeste	100	Não

5.6.1.4 EQUIPAMENTO DE MEDIÇÃO ACÚSTICA

O equipamento utilizado nas medições de ruído foi um sonómetro integrador da Brüel & Kjær, modelo 2260, de classe de precisão 1, devidamente homologado pelo IPQ. Os acessórios do sonómetro utilizados encontram-se descritos na Tabela 5.8.

Tabela 5.8 Características dos acessórios do sonómetro – ruído ambiental

Acessórios	Marca	Modelo
Módulo de análise frequência 1/3 oitava	Brüel & Kjær	BZ7206
Fonte de Calibração	Brüel & Kjær	4231
Microfone	Brüel & Kjær	4189

5.6.1.5 PROCEDIMENTOS DE MEDIÇÃO

Tendo em conta o Decreto – lei n.º 9/2007, a NP 1730: 1996 e a ISO 1993:2003 foram adoptados os seguintes procedimentos de medição:

- Utilização de sonómetro integrador da classe de precisão 1, devidamente homologado pelo IPQ;
- Calibração do sonómetro antes e depois de cada monitorização;
- Microfone colocado a uma altura entre 1,2 m e 1,5 m acima do solo;
- Ponto de medição afastado, pelo menos a 3,5 m de qualquer superfície reflectora;
- Repetição da recolha de amostras em, pelo menos, dois dias distintos;
- Condições meteorológicas:
 - Ausência de chuva forte;
 - Velocidade do vento inferior a 5 ms^{-1} ;
 - Direcção do vento num ângulo de $\pm 45^\circ$ da direcção.
- Medições efectuadas com filtro de ponderação A e tempo de integração *fast*;

- Medições efectuadas na gama de frequências entre os 50 Hz e 8 kHz e em bandas de 1/3 de oitava;
- Recolha de amostras nos três períodos de referência: diurno, entardecer e nocturno (quando possível);
- O período de amostragem deve permitir obter níveis sonoros representativos do ambiente sonoro em estudo. No limite, a sua duração pode coincidir com a duração de todo o intervalo de tempo de referência, correspondendo assim a uma medição em contínuo. No caso de não serem efectuadas medições em contínuo, o intervalo de tempo de medição acumulado do conjunto de amostras obtidas deverá ser, no mínimo, de 30 minutos e o de cada amostra não deverá ser inferior a 10 minutos, excepto quando a duração do ruído particular for inferior.
- Eliminação de quaisquer ruídos espúrios susceptíveis de influenciar o rigor da medição.

5.6.2 RUÍDO LABORAL

5.6.2.1 REGULAMENTAÇÃO SEGUIDA

Na recolha dos dados acústicos, privilegiou-se a metodologia constante do Decreto – lei nº 182/2006 de 6 de Setembro, bem como o constante da ISO/DIS 9612.

5.6.2.2 DESCRIÇÃO DAS MEDIÇÕES NO TEMPO

Tabela 5.9 Descrição das medições no tempo

Ponto	Descrição	Data da medição
P1	Dentro do <i>Shelter</i> (inspecção inicial com avião ao <i>ralenti</i>)	25/06/10
P2	Exterior do <i>Shelter</i> (inspecção inicial com avião ao <i>ralenti</i>)	
P3	Junto à Pista – EOR (inspecção final com o avião ao <i>ralenti</i> antes do voo)	

5.6.2.3 CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS

Tabela 5.10 Descrição das características meteorológicas

Período de referência	Data	Condições meteorológicas					
		Temperatura média (°C)	Humidade (%)	Velocidade média do vento (kmh ⁻¹)	Direcção do Vento	Nebulosidade (%)	Precipitação
Diurno	25/06/2010	18	88	1,9	Su-sudoeste	20	Não

5.6.2.4 EQUIPAMENTO DE MEDIÇÃO ACÚSTICA

O equipamento utilizado nas medições de ruído foi um sonómetro integrador da Brüel & Kjær, modelo 2260, de classe de precisão 1, devidamente homologado pelo IPQ. Os acessórios do sonómetro utilizados encontram-se descritos na Tabela 5.11.

Tabela 5.11 Características dos acessórios do sonómetro – Ruído Laboral

Acessórios	Marca	Modelo
Módulo de análise frequência 1/1 oitava	Brüel & Kjær	BZ7206
Fonte de Calibração	Brüel & Kjær	4231
Microfone	Brüel & Kjær	4189

5.6.2.5 PROCEDIMENTOS DE MEDIÇÃO

Tendo em conta o Decreto – lei n.º 182/2006 e a ISO/DIS 9612, foram adoptados os seguintes procedimentos de medição:

- Utilização de sonómetro integrador da classe de precisão 1, devidamente homologado pelo IPQ;
- Sujeição do instrumento de medição a verificação no local mediante um calibrador acústico, antes e depois de cada medição;
- Realização das medições no posto de trabalho, sempre que possível, na ausência do trabalhador, com a colocação do microfone na posição em que se situaria a sua orelha mais exposta. Se a presença do trabalhador for necessária o microfone deve ser

colocado a uma distância entre 0,10 e 0,30 m em frente à orelha mais exposta. Neste caso em concreto, a monitorização foi realizada com o trabalhador a desempenhar as suas funções. No entanto, por questões de segurança, o microfone não pôde ser colocado à distância referenciada na legislação, tendo sido colocado nas imediações da linha amarela (a zona de maior segurança), dada a perigosidade do avião e pelo facto do operador não possuir formação para a aproximação de uma área restrita e com elevadas exigências de qualificação profissional.

- A direcção de referência do microfone foi a do máximo ruído, tendo em conta as várias limitações e restrições de aproximação do avião;
- O intervalo de tempo de medição foi escolhido de modo a medir e a englobar todas as variações importantes dos níveis sonoros nos postos de trabalho. Para além disso, o intervalo de tempo de medição escolhido, correspondeu à duração total da actividade, de modo a que fosse possível obter níveis de exposição sonora ou níveis sonoros contínuos e equivalentes ponderados A estabilizados a mais ou menos 0,5 dBA.

5.7 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS

5.7.1 RUÍDO AMBIENTE

Atendendo a que o ruído ambiente, de acordo com o Decreto-lei nº 9/2007 de 6 de Setembro e a NP 1730 de 1996, é considerado o ruído global observado numa dada circunstância, num determinado instante, devido ao conjunto das fontes sonoras que fazem parte da vizinhança próxima ou longínqua do local considerado; é necessário classificar a actividade desenvolvida pela Base Aérea nº5, bem como a zona/área onde esta foi estando inserida ao longo dos anos.

À luz do Decreto-lei nº 9/2007, é possível classificar a actividade da Base Aérea, mais propriamente a actividade de operacionalização dos F-16, em “actividade ruidosa permanente”, dado que é uma actividade com carácter permanente e que produz ruído nocivo ou incomodativo para quem habita ou permanece em locais onde se fazem sentir os efeitos dessa fonte de ruído.

Relativamente à classificação da zona onde a Base Aérea foi sendo inserida, esta pode ser classificada como “Mista”, dado que se trata de uma zona onde ocorre para além da ocupação humana sensível outros usos do solo compatíveis com essa utilização, nomeadamente comércio e serviços.

O facto de se tratar de uma actividade ruidosa permanente implica o cumprimento simultâneo dos valores limite fixados no artigo 11.º do Regulamento Geral do Ruído e o cumprimento do critério de incomodidade. Neste sentido, surge a necessidade de monitorizar o ruído a que a população envolvente à Base Aérea nº 5 está sujeita e resultante da operacionalização dos F-16.

Foram efectuadas três monitorizações em cada ponto, em dias distintos e de forma a abranger, quando aplicável, os três períodos de referência. Relativamente ao período nocturno, é necessário referir que geralmente não há descolagens nem aterragens depois das 23 horas, excepto por motivos de defesa do espaço aéreo. Voos entre as 20 horas e as 23 horas são designados de voos nocturnos.

As monitorizações tentaram ser abrangentes, tendo sido medido o ruído afecto à descolagem e aterragem dos F-16, apesar deste último ser menos influente, dado que é menos perceptível no receptor sensível. O período de tempo escolhido para cada monitorização e no caso da descolagem corresponde ao tempo de emergência da fonte e reflecte o momento em que o avião se começa a ouvir em determinado ponto de amostragem até ao momento em que este se deixa de ouvir devido à distância percorrida. No que diz respeito à aterragem, o período de tempo escolhido, reflecte o momento em que o avião se começa a ouvir a percorrer a *taxiway* até ao momento em que este se deixa de ouvir devido à aproximação da placa de estacionamento ou entrada no shelter. Refira-se que os resultados obtidos nos três dias de medição não registam diferenças superiores a 5 dBA, como é possível verificar nas Tabelas 5.12 e 5.13.

Tabela 5.12 Valores de L_{Aeq} obtidos, durante a descolagem, para os três períodos de referência.

Ponto	Localização	L_{Aeq} (dBA)		
		P. Diurno	P. Entardecer	P. Nocturno*
P1	Rua dos Arneiros	97	97	38
		97	97	38
		95	96	38
P2	Rua José Maria de Sousa Filipe	92	95	40
		93	93	40
		90	93	40
P3	Rua da Base Aérea nº5	84	95	51
		85	93	52
		86	93	54
P4	Topo Norte	101	100	38
		101	101	38
		100	101	38

* Ruído ambiente sem a influência dos F – 16, dado que não se verificam descolagens depois das 23 horas

Tabela 5.13 Valores de L_{Aeq} obtidos, durante a aterragem, para os três períodos de referência.

Ponto	Localização	L_{Aeq} (dBA)		
		P. Diurno	P. Entardecer	P. Nocturno*
P1	Rua dos Arneiros	55	61	38
		52	59	38
		53	61	38
P2	Rua José Maria de Sousa Filipe	54	66	40
		52	62	40
		52	62	40
P3	Rua da Base Aérea n.º 5	68 * ₁	65 * ₁	51
		66 * ₁	65 * ₁	52
		66 * ₁	63 * ₁	54
P5	Topo Sul	80	80	35
		77	77	35
		78	78	34

* Ruído ambiente sem a influência dos F – 16, dado que não se verificam descolagens depois das 23 horas

*₁ Ruído ambiente sem a influência dos F – 16, dado este não é detectável no ponto P3

Alguns dos espectros de frequência obtidos nos diversos pontos de monitorização são apresentados no Anexo II.

Como já foi referido, foram seguidos os procedimentos contidos na Norma Portuguesa, NP 1730: 1996 - "Acústica, descrição e medição de ruído ambiente" – Partes 1, 2 e 3.

Nas Tabelas 5.14 e 5.15 são apresentadas as médias dos valores L_{Aeq} para os 3 períodos de referência (diurno, entardecer e nocturno) relativos à descolagem e aterragem.

O cálculo da média logarítmica das várias medições é feito aplicando-se a equação (5.1):

$$L_{Aeq,T} = 10 \log_{10} \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 10^{0,1(L_{Aeq,ti})} \quad (5.1)$$

onde:

n = número medições

$L_{Aeq,i}$ = Valor do nível de pressão sonora correspondente à medição i (dB)

Tabela 5.14 Média dos valores de L_{Aeq} , para três períodos de referência, relativos à decolagem.

Ponto	Localização	L_{Aeq} (dBA)		
		P. Diurno	P. Entardecer	P. Nocturno
P1	Rua dos Arneiros	96	97	38
P2	Rua José Maria de Sousa Filipe	92	94	40
P3	Rua da Base Aérea nº 5	85	90	53
P4	Topo Norte	101	101	38

Tabela 5.15 Média dos valores de L_{Aeq} , para três períodos de referência, relativos à aterragem.

Ponto	Localização	L_{Aeq} (dBA)		
		P. Diurno	P. Entardecer	P. Nocturno
P1	Rua dos Arneiros	54	60	38
P2	Rua José Maria Sousa Filipe	53	64	40
P3	Rua da Base Aérea nº 5	67	64	53
P5	Topo Sul	79	79	35

Na rua da Base Aérea nº 5 não é perceptível a aterragem do avião, dada a grande afluência de tráfego rodoviário que se faz sentir no local em qualquer um dos períodos de referência, bem como a distância à pista (é o local mais longínquo da pista) e a existência de edificações e alguma modelação do terreno que atenuam o ruído. Desta forma e para efeitos de cálculo, foram considerados os valores de ruído ambiente característicos da referida zona.

Dado que o tempo de emergência da fonte de ruído (F - 16) por cada missão de voo (constituída, geralmente, por dois aviões) é muito pequeno (aproximadamente dois minutos, sendo o número médio de movimentos diários destas aeronaves de, sensivelmente, catorze movimentos/dia) é necessário considerar que existem dois patamares de níveis de pressão

sonora claramente distintos em cada período de referência. Desta forma, é necessário efectuar uma ponderação temporal, para que os valores de pressão sonora gerados pelos F - 16 se possam diluir no restante período sem ocorrência de movimentos. O nível sonoro contínuo equivalente, ponderado A, é obtido através da equação (5.2).

$$L_{A_{eq,T}} = 10 \log \frac{1}{T} \sum_{i=1}^n T_i \times 10^{0,1(L_{A_{eq,Ti}})} \quad (5.2)$$

onde:

$L_{A_{eq,Ti}}$ = valor do nível sonoro correspondente ao intervalo de tempo i (dB)

T = tempo total

Os valores ponderados obtidos encontram-se evidenciados nas Tabelas 5.16 e 5.17.

Tabela 5.16 Valores de $L_{A_{eq}}$, ponderados, para três períodos de referência, relativos à descolagem.

Ponto	Localização	$L_{A_{eq}}$ (dBA)		
		P. Diurno	P. Entardecer	P. Nocturno*
P1	Rua dos Arneiros	82	86	38
P2	Rua José Maria de Sousa Filipe	78	83	40
P3	Rua da Base Aérea nº5	72	79	53
P4	Topo Norte	87	90	38

* Valores não ponderados

Tabela 5.17 Valores de $L_{A_{eq}}$, ponderados, para três períodos de referência, relativos à aterragem.

Ponto	Localização	$L_{A_{eq}}$ (dBA)		
		P. Diurno	P. Entardecer	P. Nocturno*
P1	Rua dos Arneiros	51	53	38
P2	Rua José Maria Sousa Filipe	51	57	40
P5	Topo Sul	65	68	35

* Valores não ponderados

Apesar dos valores já se encontrarem diluídos, ainda se mostram bastante significativos. Os dados obtidos reflectem valores médios dos níveis sonoros. O tipo e número de missões de voo por dia não são constantes, podendo haver dias em que não se verifique nenhuma missão de voo ou então só se verifiquem missões de voo durante o período diurno, condicionando assim o tempo a que a população está exposta ao ruído resultante da operacionalização dos F - 16.

Para que se possa analisar a conformidade legal relativa ao critério de exposição máxima (valores limite de exposição) das populações vizinhas (referentes aos pontos monitorizados) é necessário calcular o indicador de ruído diurno - entardecer - nocturno (L_{den}) relativo às descolagens e aterragens.

O cálculo deste indicador é expresso por a equação (5.3).

$$L_{den} = 10 \times \log \frac{1}{24} \left[13 + 10^{\frac{L_d}{10}} + 3 \times 10^{\frac{L_e+5}{10}} + 8 \times 10^{\frac{L_n+10}{10}} \right] \quad (5.3)$$

Após aplicação da equação 5.3, obtêm-se os valores de L_{den} apresentados nas Tabelas 5.18 e 5.19.

Tabela 5.18 Indicadores de ruído (níveis sonoros médios de longa duração) relativos à descolagem.

Ponto	Local	L_d (dBA)	L_e (dBA)	L_n (dBA)	L_{den} (dBA)
P1	Rua dos Arneiros	82	86	38	84
P2	Rua José Maria de Sousa Filipe	78	83	40	81
P3	Rua da Base Aérea nº5	72	79	53	76
P4	Topo Norte	87	90	38	88

Tabela 5.19 Indicadores de ruído (níveis sonoros médios de longa duração), relativos à aterragem.

Ponto	Local	L_d (dBA)	L_e (dBA)	L_n (dBA)	L_{den} (dBA)
P1	Rua dos Arneiros	51	53	38	52
P2	Rua José Maria Sousa Filipe	51	57	40	55
P3	Rua da Base Aérea n.º 5	67	64	53	65
P5	Topo Sul	65	68	35	66

De seguida, é necessário comparar os valores apresentados nas Tabelas 5.18 e 5.19 com os valores limite de exposição definidos no artigo 11.º do Decreto – Lei 9/2007, apresentados na Tabela 4.2 e aplicáveis às zonas mistas.

Face ao exposto e de acordo com as avaliações realizadas *in situ*, é possível concluir que os níveis acústicos associados às descolagens dos F - 16, ultrapassam, largamente, os valores respeitantes à classificação do local como zona mista, não respeitando assim os níveis sonoros de 65 dBA, expressos pelo indicador L_{den} , ou seja, não cumprem com os critérios de exposição máxima.

No que diz respeito às aterragens, os níveis sonoros obtidos obedecem ao critério da exposição máxima, respeitando, assim, os níveis sonoros de 65 dBA, expressos pelo indicador L_{den} , e os níveis sonoros de 55 dBA, expressos pelo indicador L_n . A excepção é verificada no ponto P5 (Topo Sul), cujos valores ultrapassam, insignificamente, o valor limite de L_{den} , não sendo contudo uma diferença que obrigue à tomada de medidas urgentes até porque nas zonas imediatamente próximas ao topo sul não existem habitações, mas sim uma vasta cortina arbórea.

Sendo a operacionalização dos F - 16 enquadrável nas actividades ruidosas permanentes, esta deverá também cumprir com o critério de incomodidade definido no RGR. O critério de incomodidade é considerado como a diferença entre o valor do indicador L_{Aeq} do ruído ambiente determinado durante a ocorrência do ruído particular da actividade ou actividades em avaliação e o valor do indicador L_{Aeq} do ruído residual, diferença que não pode exceder 5 dBA no período diurno, 4 dBA no período do entardecer e 3 dBA no período nocturno.

A determinação do critério de incomodidade pressupõe a seguinte metodologia de cálculo:

- i) Correção do L_{Aeq} do ruído ambiente de acordo com as características tonais ou impulsivas do ruído particular (L_{Ar}), através da equação (5.4).

$$L_{Ar} = L_{Aeq} + K_1 + K_2 \quad (5.4)$$

sendo:

L_{Ar} – Nível de Avaliação

K_1 – Correção Tonal

K_2 – Correção Impulsiva

Foi considerado $K_1 = 0$ e $K_2 = 0$, não sendo as características tonais ou impulsivas identificadas, e desta forma $L_{Ar} = L_{Aeq}$

- ii) Determinação da diferença entre L_{Ar} e o L_{Aeq} do ruído residual, através da equação (5.5).

$$\Delta = L_{Ar} - L_{Aeq} \quad (5.5)$$

- iii) Determinação do valor D

O valor D é determinado em função da relação percentual entre a duração acumulada de ocorrência do ruído particular e a duração total do período de referência, ou seja, inicialmente é determinado o valor de q e por correspondência de valores, a partir da Tabela 5.20, obtém-se o valor de D.

Tabela 5.20 Valores de D [20].

Valor da relação percentual (q) entre a duração acumulada de ocorrência do ruído particular e a duração total do período de referência	D em dB(A)
$q \leq 12,5\%$	4
$12,5\% < q \leq 25\%$	3
$25\% < q \leq 50\%$	2
$50\% < q \leq 75\%$	1
$q > 75\%$	0

Relativamente à descolagem dos F-16, foi estimado um valor acumulado de ocorrência do referido ruído (v. Tabela 5.21). Esta estimativa teve por base o período de emergência da fonte sonora.

Tabela 5.21 Valores acumulados de ocorrência relativos à descolagem.

Período de Referência	Valor Acumulado de Referência (horas)	D
Diurno	0,5	4
Entardecer	0,25	4

Quanto à aterragem, foi possível estimar os valores acumulados de ocorrência apresentados na Tabela 5.22.

Tabela 5.22 Valores acumulados de ocorrência relativos à aterragem.

Período de Referência	Valor Acumulado de Referência (horas)	D
Diurno	1	4
Entardecer	0,5	3

Como não há missões de voo durante o período nocturno não se verifica incomodidade associada ao referido período de referência.

iv) Cálculo do Δ_{limite} , através da equação (5.5).

$$\Delta_{\text{limite}} = \text{valor limite da diferença entre } L_{Ar} \text{ e } L_{Aeq} \text{ ruído residual} + D \quad (5.6)$$

Valor limite da diferença entre L_{Ar} e L_{Aeq} ruído residual = 5 (Período diurno);

= 4 (Período entardecer);

= 3 (Período nocturno).

As Tabelas 5.23, 5.24, 5.25 e 5.26 sistematizam os valores obtidos para o cálculo da incomodidade.

Tabela 5.23 Valores de incomodidade – descolagem – período diurno.

Ponto	L _{Ar} (dBA)	L _{Aeq r.r} (dBA)	Δ _{obtido} (dBA)	D	Δ _{limite}
P1	96	50	46	4	9
P2	92	51	41	4	9
P3	85	67	18	4	9
P4	101	50	51	4	9

Tabela 5.24 Valores de incomodidade – descolagem – período entardecer.

Ponto	L _{Ar} (dBA)	L _{Aeq r.r} (dBA)	Δ _{obtido} (dBA)	D	Δ _{limite}
P1	97	48	49	4	8
P2	94	52	42	4	8
P3	90	64	26	4	8
P4	101	48	53	4	8

Tabela 5.25 Valores de incomodidade – aterragem – período diurno.

Ponto	L _{Ar} (dBA)	L _{Aeq r.r} (dBA)	Δ _{obtido} (dBA)	D	Δ _{limite}
P1	54	50	4	4	9
P2	53	51	2	4	9
P3	-	-	-	-	-
P5	79	42	37	4	9

No ponto P3 (Rua da Base Aérea n.º 5), não foi calculada a incomodidade subjacente à aterragem dos F-16, para os períodos diurno e entardecer, porque se constatou que no referido local não é perceptível a aterragem dos mesmos pelas razões já anteriormente apontadas.

Tabela 5.26 Valores de incomodidade – aterragem – período entardecer.

Ponto	L _{Ar} (dBA)	L _{Aeq r.r} (dBA)	Δ _{obtido} (dBA)	D	Δ _{limite}
P1	60	48	12	3	7
P2	64	52	12	3	7
P3	-	-	-	-	-
P5	79	35	44	4	7

É possível constatar que o ambiente sonoro na envolvente da Base Aérea se apresenta bastante perturbado nos períodos em que se verifica a descolagem e aterragem dos F - 16, dado que verificam níveis sonoros capazes de gerar incómodo nas populações vizinhas.

Como tal e de acordo com o Regulamento Geral do Ruído, devem ser adoptadas medidas mitigadoras. Essas medidas devem integrar, obedecendo à seguinte ordem:

- Medidas de redução na fonte;
- Medidas de redução no meio de propagação do ruído;
- Medidas de redução no receptor sensível.

5.7.1.1 Medidas de redução na fonte

Como já foi referido, o ruído ambiente produzido por um F - 16 está directamente relacionado com o seu *modus operandi* e com as operações que efectua no solo. Desta forma, as medidas de redução na fonte poderão passar por:

Ruído no solo

- Os ensaios de motor deverão ser realizados dentro de uma “Hush House” – esta medida já se encontra implementada na Base Aérea n.º 5 [42].

Ruído de descolagem e aterragem

- Restrições nas aterragens e descolagens, nomeadamente: definição de ângulos de afastamento e aproximação à pista para minimização de impacto nas populações vizinhas na Base Aérea n.º 5 as aeronaves viram entre 10 e 15º para a direita ou esquerda para diminuir esse mesmo impacto); definição de altitudes a partir das quais

se possa reduzir a potência dos motores em segurança; evitar situações de simulação de aproximação à pista seguida de novo levantar voo;

- Minimização do uso do *Afterburner* (AB) (ruído é mais acentuado quando este é usado) [42, 78];
- Diminuição do impulso durante a descolagem (diminui o ruído localmente mas aumenta a durabilidade do mesmo) [42, 79];
- Alinhamento dos *flaperons* durante a descolagem e aterragem (flaperons recolhidos diminuem a quantidade de potência a fornecer ao motor – aumentam a velocidade da aeronave na descolagem) [42, 79, 97];
- Utilização de reboques para movimentar as aeronaves nas placas de estacionamento e *shelters*;
- Aplicação da potência máxima na descolagem para que se obtenha um ângulo de subida mais acentuado (níveis de ruído mais elevados localmente mas com durabilidade menor) [42, 97].

5.7.1.2 Medidas de redução no meio de propagação do ruído

As medidas de redução no meio de propagação do ruído podem consistir em:

- Aumento da distância entre a fonte e o receptor, que pode ser conseguida, por exemplo, através do ajuste do ângulo de aproximação do F - 16 para o máximo praticável [42];
- Reforço das barreiras naturais de vegetação em torno da Base Aérea, que apesar de ser um método pouco eficaz exercem um impacto visual capaz de diminuir a sensibilidade ao ruído. As pessoas geralmente "ouvem menos" quando vêem menos. Trata -se de um aspecto psicológico que não deve ser ignorado [82, 97].
- Utilização de barreiras acústicas e modelação de terrenos, para reduzir o ruído das *taxiways*, por exemplo na zona dos alojamentos militares (exteriores). A modelação do terreno implica, no entanto, que haja espaço suficiente entre a fonte sonora e o receptor, de modo a criar uma elevação do solo que sirva de obstáculo à propagação sonora [42, 82].
- Optimização das condições meteorológicas para a realização dos voos.

5.7.1.3 Medidas de redução no receptor sensível

O controlo de ruído na fonte e a limitação da sua propagação, não são em muitas situações, métodos suficientes de controlo. Outro método é a melhoria do *design* e o reforço do isolamento acústico das habitações.

Na fase de planeamento de uma nova habitação, a forma, a orientação, a localização do edifício, bem como o arranjo dos espaços interiores, devem ser escolhidos de forma a minimizar problemas de ruído (v. Fig. 5.21) [42, 82].

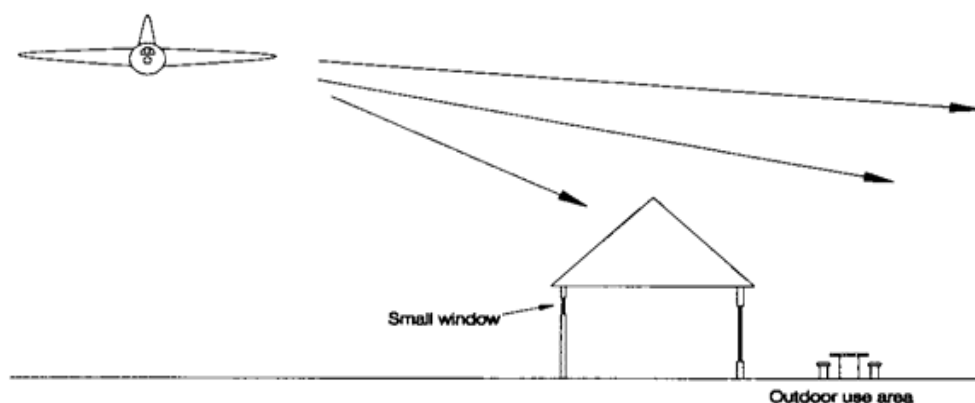


Figura 5.21 Minimização da exposição de uma moradia ao ruído [42].

O projecto de um edifício é um aspecto muito importante no controlo do ruído e este pode ser feito tanto ao nível da distribuição das divisórias dentro do mesmo, bem como a sua localização face à fonte de ruído. Consoante o tipo de divisórias dentro de uma habitação, as pessoas apresentam diferentes sensibilidades ao ruído. Como o ruído de tráfego é um problema para as divisórias expostas directamente ao mesmo, a disposição da casa deve ser feita de modo a que as áreas mais sensíveis se situem nas fachadas opostas à fonte. A forma e a orientação do edifício é outro aspecto importante de controlo, sendo o objectivo é minimizar as reflexões do som nas fachadas bem como a sua propagação para áreas do edifício mais sensíveis ou outros edifícios. Relativamente ao projecto das fachadas, este deverá ser feito de modo a promover uma auto-protecção do edifício através de varandas e paredes exteriores, permitindo uma atenuação compreendida entre 5 e 14 dB [82].

Em edifícios existentes, o ambiente sonoro deverá ser melhorado alterando os usos das divisórias (quartos e salas em zonas menos expostas ao ruído) e melhorando o isolamento acústico através da colocação de janelas de vidro duplo e portas acústicas, isolamento

acústico de telhado, caixas de estores e sistemas de ventilação. O isolamento acústico poderá, ainda, ser melhorado através da criação de uma cortina arbórea em torno da habitação, ou depressões e/ou taludes e/ou barreiras acústicas. Devem ser evitados elementos estruturais capazes de vibrar (v. Fig. 5.22) [82].

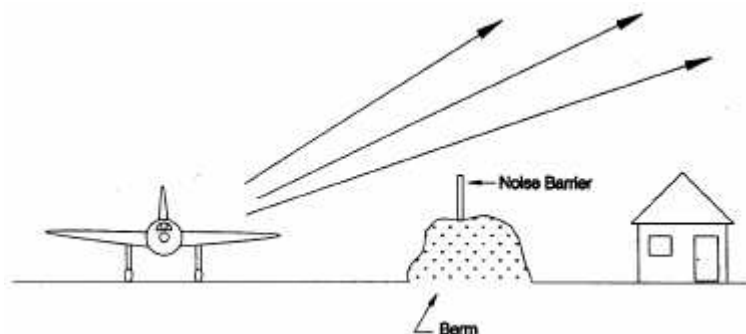


Figura 5.22 Barreiras acústicas [42].

A adopção e implementação de medidas de isolamento nos receptores sensíveis será da competência ou da Base Aérea ou do receptor sensível conforme quem mais recentemente tenha instalado actividade ou construção.

Para além de tudo o que já foi referido, é ainda necessário que haja:

- Planeamento municipal de ordenamento do território, de forma a evitar a implantação de receptores sensíveis junto de fontes de ruído;
- Minimização do número de voos nocturnos;
- Programação dos voos de forma a evitar a afectação das horas de descanso;
- Estabelecimento de um programa de relações públicas que englobe:
 - Fornecimento de informações sobre as operações e os esforços de redução de ruído a grupos de cidadãos (sessões de esclarecimento);
 - Informação da população vizinha sobre actividades intensas/voos nocturnos através de jornais locais, rádios, etc;
 - Criação de uma linha gratuita para apresentação de reclamações, dúvidas;
 - Distribuição de folhetos informativos;
 - Tratamento e resposta, rápidos, de reclamações e dúvidas [42].

Os limites de ruído fixados legalmente criam condicionalismos que levam à adopção de medidas de redução de ruído. Não obstante o impacte ambiental em termos de ruído, quando se verifica incumprimento legal, é necessário avaliar a relação custo/benefício da implementação das medidas de minimização. Uma medida de minimização é considerada eficaz se permitir a redução do ruído no receptor sensível de modo a cumprir com os limites legais. Porém, é necessário ter em atenção que, por vezes, a escolha de determinada medida pode ser eficaz em termos teóricos mas em termos práticos poderá não ter o efeito desejado. Neste aspecto, a avaliação da eficácia das medidas de redução de ruído apresenta alguma subjectividade. Assim, na escolha de medida de redução de ruído devem ser considerados alguns factores, nomeadamente: o custo - benefício da medida de redução do ruído, o impacte no nível do ruído, o ciclo de vida da medida, os impactes ambientais da medida em si e ainda a opinião dos receptores afectados. A participação do público é um aspecto fundamental para se atingir o efeito desejado na implementação de uma medida de redução de ruído. Sempre que possível, os principais lesados devem ser intervenientes do processo [82, 83].

5.7.2 RUÍDO LABORAL

Com o objectivo de determinar o nível diário de exposição pessoal ao ruído dos mecânicos dos F- 16, foram efectuadas medições do nível sonoro equivalente ($L_{Aeq,T}$) e nível de pressão sonora de pico (L_{Cpico}) em diversos locais, como sejam: no interior do *shelter*, no exterior do *shelter* e junto à pista.

Na Tabela 5.27 são apresentados os valores dos parâmetros sonoros registados nos diversos postos de trabalho, bem como os tempos de exposição associados.

Tabela 5.27 Parâmetros sonoros em cada posto de trabalho.

LOCAL DE MEDIÇÃO	TEMPO DE EXPOSIÇÃO (Horas)	$L_{Aeq,Tk}$ (dBA)	L_{Cpico} (dBC)
Dentro do <i>shelter</i>	2,5	118	133
Fora do <i>shelter</i>	2,5	109	127
Junto à Pista – EOR	1,0	111	125

De seguida, na Tabela 5.28, são evidenciados os níveis de pressão sonora contínuo equivalente, ponderado A, em cada banda de oitava, características de cada posto de trabalho, ou seja, o espectro correspondente ao ruído dos F- 16 a que o militar está exposto durante

determinadas horas por dia. Os resultados apresentados dizem respeito apenas ao período de medição.

Tabela 5.28 Frequências em bandas de oitava

Local de Medição	Frequências em bandas de oitava (Hz)							
	67	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Dentro do Shelter	67	79	92	96	104	114	115	105
Fora do Shelter	58	72	79	83	93	103	106	99
Junto à pista – EOR	52	66	78	84	93	106	109	100

Com a monitorização destes parâmetros pretende-se efectuar o cálculo da exposição pessoal diária ao ruído ($L_{EX, 8h}$) (v. Tabela 5.29), bem como a exposição pessoal diária efectiva ($L_{EX, 8h, efect}$) (v. Tabela 5.30), tendo por base os protectores auditivos utilizados pelos mecânicos e desta forma analisar a sua adequabilidade face ao ruído a que estão expostos.

Para o cálculo da exposição pessoal diária ao ruído (v. Tabela 5.29) foram consideradas quatro situações de exposição ao mesmo:

- Militares que efectuem as manutenções dentro dos *shelters*,
- Militares que efectuem as manutenções fora dos *shelters*,
- Militares que, para além da inspecção inicial dentro do *shelter*, efectuem a inspecção final na pista;
- Militares que, para além da inspecção inicial fora do *shelter*, efectuem a inspecção final na pista.

O $L_{EX, 8h}$ foi calculado tendo por base a seguinte equação (5.7).

$$L_{EX, 8h} = 10 \log \left[\frac{1}{8} \sum_{k=1}^{k=n} T_k 10^{(0,1 L_{Aeq, Tk})} \right] = 10 \log \sum_{k=1}^{k=n} 10^{(0,1 L_{EX, 8h})} \quad (5.7)$$

em que:

$L_{Aeq, Tk}$ é o nível sonoro contínuo equivalente, ponderado A, de um ruído, num intervalo de tempo T_k , correspondente ao tipo de ruído k a que o trabalhador está exposto durante T_k horas

por dia, e $(L_{EX,8h})$ é a exposição pessoal diária ao ruído que seria medida se só existisse o referido tipo de ruído.

Tabela 5.29 $L_{EX, 8h}$ em cada posto de trabalho.

LOCAL DE MEDIÇÃO	$L_{EX, 8h} \pm \text{incerteza}$ (dBA)
Dentro do <i>shelter</i> + junto à pista (EOR)	$113 \pm 2,1$
Fora do <i>shelter</i> + junto à pista (EOR)	$106 \pm 1,6$
Dentro do <i>shelter</i>	$113 \pm 2,1$
Fora do <i>shelter</i>	$104 \pm 2,1$

A cada valor de exposição pessoal diária ao ruído é necessário associar um valor de incerteza. A incerteza associa dois conceitos: intervalo de valores e nível de confiança. É o parâmetro estatístico associado ao resultado da medição, que caracteriza a dispersão dos valores que podem ser razoavelmente atribuídos à mesuranda. O seu cálculo é importante dado que existem instrumentos de medição envolvidos e as acções a empreender pelo empregador são distintas consoante os resultados obtidos. A metodologia de cálculo da incerteza tem por base a metodologia descrita na ISO/DIS 9612.

Tendo em conta os cálculos efectuados bem como os resultados obtidos, verifica-se que existem trabalhadores sujeitos a $L_{EX, 8h}$ superiores aos valores limite de exposição, ou seja, 87 dBA.

De acordo com o Decreto – lei n.º 182/2006 de 6 Setembro, o empregador deve assegurar a utilização pelos trabalhadores de protectores auditivos individuais sempre que o nível de exposição ao ruído iguale ou ultrapasse os valores de acção superiores.

Constatou-se que os mecânicos têm à sua disposição dois tipos de protecção auditiva de uso obrigatório.

Desta forma, pretende-se averiguar se a protecção individual utilizada se mostra suficiente/eficaz face ao nível de exposição ao ruído a que estão sujeitos. Para tal foi necessário identificar o tipo de protector auditivo bem como as suas características. São utilizados tampões auriculares descartáveis e/ou protectores auriculares com banda de cabeça (abafadores).

Em anexo, são apresentadas as características dos protectores auditivos, tendo em conta a informação do fabricante.

Para analisar a adequabilidade dos protectores auditivos utilizados recorreu-se à metodologia definida no Decreto - lei nº 182/2006 para seleccionar os protectores auriculares em função da atenuação por bandas de oitava e que pressupõe:

- Identificação do nível de pressão sonora contínuo equivalente ponderado A, em cada banda de oitava, $L_{Aeq,f,Tk}$ do ruído a que cada trabalhador está exposto, para cada posto de trabalho que ocupa, definindo assim o espectro correspondente ao ruído k a que o trabalhador está exposto durante T_k horas por dia;
- Determinação dos níveis globais por banda de oitava, de acordo com a equação (5.8).

$$L_n = L_{Aeq,f,Tk} - M_f + 2S_f \quad (5.8)$$

em que:

S_f – valor do desvio padrão da atenuação dos protectores indicado pelo fabricante;

M_f – valor médio da atenuação dos protectores auditivos em cada banda de frequência indicado pelo fabricante;

- Cálculo do nível sonoro contínuo equivalente, $L_{Aeq, Tk, efect}$, de cada ruído que ocorra durante o tempo T_k estando o trabalhador equipado com protectores auditivos, através da equação (5.9).

$$L_{Aeq,Tk,efect} = 10 \log \sum_n 10^{0,1L_n} \quad (5.9)$$

- Cálculo da exposição diária efectiva, $L_{EX,8h,efect}$ de cada trabalhador que use protectores auditivos, através da equação (5.10).

$$L_{EX,8h,efect} = 10 \log \left[\frac{1}{8} \sum_{k=1}^{k=n} T_k 10^{(0,1L_{Aeq,Tk,efect})} \right] \quad (5.10)$$

Foram simulados vários cenários de utilização de protectores auditivos de forma a proceder a uma comparação que permita seleccionar a melhor das opções:

1ª Opção: utilização de tampões auriculares descartáveis;

2ª Opção: utilização de protectores auriculares com banda de cabeça (abafadores)

3ª Opção: utilização simultânea protectores auriculares com banda de cabeça (abafadores) e tampões auriculares descartáveis;

Os $L_{EX,8h,efect}$ obtidos para as diferentes opções são apresentados na Tabela 5.30.

Tabela 5.30 $L_{EX,8h,efect}$ obtidos.

PROTECTORES AUDITIVOS UTILIZADOS	Dentro do <i>shelter</i> + junto à pista (EOR)	Fora do <i>shelter</i> + junto à pista (EOR)	Dentro do <i>shelter</i>	Fora do <i>shelter</i>
Tampões auriculares descartáveis	80	70	80	69
Protectores auriculares com banda de cabeça	77	69	77	67
Tampões + abafadores	49	39	49	38

Tendo em conta os resultados obtidos é possível concluir que os protectores auditivos disponibilizados proporcionam a atenuação adequada dos níveis de ruído, desde utilizados separadamente, dado que, e conforme é possível verificar na Tabela 5.30, os militares com estes protectores, quando correctamente colocados, ficam sujeitos a níveis de exposição pessoal diária efectiva inferior aos valores limite. O preferencial seria obter um nível de exposição pessoal diária efectiva inferior aos valores de acção inferiores.

Comparando o tampão auricular descartável com o protector auricular de banda de cabeça, a atenuação conferida por este último é superior, conseguindo-se obter um nível de exposição pessoal diária efectiva inferior aos valores de acção inferiores. Face ao exposto a utilização de tampões não deve ser descartada, pelo que, deverá constituir uma alternativa de protecção auditiva para os trabalhadores que não se adaptem à utilização de protectores externos.

A utilização em simultâneo de tampões auriculares descartáveis e protectores auriculares com banda de cabeça não se mostrou adequada dado que provoca uma atenuação excessiva do ruído (níveis de exposição pessoal diária efectiva muito baixos), podendo os militares deixar de ouvir sons fundamentais para a sua segurança e a dos outros (por exemplo: sons de emergência/alerta).

De acordo com o disposto no Decreto - lei nº 182/2006 de 6 de Setembro, artigo 4º, nº9, a medição dos níveis de ruído é objecto de registo próprio - Quadros individuais de avaliação de exposição pessoal diária de cada trabalhador ao ruído durante o trabalho – Anexo III (Quadro I e II) e Anexo V. Estes registos deveram ser conservados durante, pelo menos, 30 anos após ter terminado a exposição dos trabalhadores a que digam respeito.

No Anexo III, são apresentados exemplos dos quadros individuais de avaliação de exposição pessoal diária de trabalhadores, cuja identificação é fictícia, e respectivos quadros de selecção de protectores auditivos em função da atenuação por banda de oitava, indicada pelo fabricante, referente ao protector auditivo que evidenciou maior atenuação. Estes quadros de selecção de protectores auditivos foram utilizados com o objectivo de demonstrar a adequabilidade dos protectores auditivos utilizados pelos militares.

A entidade empregadora, função assumida pela Força Aérea Portuguesa, é obrigada, por imposições legais, a assegurar aos trabalhadores condições de segurança, higiene e saúde em todos os aspectos relacionados com o trabalho. Para tal, deverão ser tomadas as medidas necessárias para assegurar essas condições, tendo por base os seguintes princípios gerais de prevenção (de acordo com a ordem enunciada):

1. Evitar os riscos;
2. Avaliar os riscos que não podem ser evitados;
3. Combater os riscos na origem;
4. Adaptar o trabalho ao homem;
5. Realizar estes objectivos tendo em conta o estado da evolução da técnica;
6. Integrar a prevenção dos riscos num sistema coerente que abranja a produção, a organização, as condições de trabalho e o diálogo social;
7. Adoptar prioritariamente as medidas de protecção colectiva face à protecção individual;
8. Dar instruções adequadas aos trabalhadores [18].

Tendo em conta a especificidade da fonte sonora (F - 16), bem como a obrigatoriedade de permanência dos mecânicos na envolvente dos F - 16, torna-se difícil assegurar a redução dos riscos para a segurança e saúde dos trabalhadores resultantes da exposição ao ruído, nomeadamente no que diz respeito a: medidas de carácter específico para redução de ruído na fonte, dado que ainda não existem tecnologias que o favoreçam, e organização do trabalho, dado que é essencial a permanência dos trabalhadores perto do F - 16.

No entanto, seria necessário que a FAP apostasse, mais empenhadamente, em:

- Monitorização anual do ruído nos postos de trabalho;

- Minimização da reflexão do som no interior dos shelters, através da montagem de elementos absorventes do som ou montagem de tectos e paredes com elevado isolamento sonoro (medidas respeitantes à acústica de edifícios);
- Organização do trabalho com limitação da duração e intensidade da exposição;
- Adopção de horários de trabalho adequados com períodos de descanso apropriados;
- Informação e formação periódica dos trabalhadores sobre os riscos para a segurança e saúde derivados da exposição ao ruído; medidas tomadas para eliminar ou reduzir ao mínimo os riscos resultantes da exposição ao ruído: os valores limite de exposição e os valores de acção; resultados das avaliações e das medições de ruído efectuadas; correcta utilização dos protectores auditivos; a utilidade e a forma de detectar e notificar indícios de lesão; as situações em que os trabalhadores têm direito à vigilância da saúde; práticas de trabalho seguras que minimizem a exposição ao ruído;
- Informação e consulta dos trabalhadores sobre a avaliação dos riscos e identificação de medidas a tomar; medidas destinadas a reduzir a exposição e a selecção de protectores auditivos;
- Verificação da função auditiva e a realização de exames audiométricos, aos trabalhadores expostos a ruído acima dos valores de acção superiores [18, 19, 42].

6 CONCLUSÕES

Entre os diversos tipos de ruído produzido pela actividade industrial, o ruído aeronáutico apresenta características singulares, na medida em que a sua propagação ultrapassa em muito os limites do aeroporto/base aérea onde este foi originado. As operações normais de decolagem e aterragem, produzem só não níveis elevados de ruído e de forma descontinuada, mas também, usualmente, não têm horário prescrito para a respectiva ocorrência. Este tipo de operações tem consequências directas na saúde e bem-estar da população vizinha e trabalhadores directamente envolvidos com as aeronaves. Os efeitos do ruído são diversos e as suas consequências são facilmente evidenciadas em problemas de sono e diminuição do desempenho laboral, entre outras. Tal situação acaba por gerar um custo social elevado, devido às despesas médicas e à diminuição da produtividade laboral.

Para minimizar os efeitos sobre o bem-estar da população e trabalhadores é necessário que os aeroportos/bases aéreas procurem limitar ou diminuir o ruído emitido na fonte ou que se criem mecanismos de controlo de ruído, com vista a proteger a comunidade. Para que se adoptem medidas nesse sentido é necessário, primeiramente, que se conheça o objecto de estudo, fazendo-se uma profunda avaliação do ruído emitido por essa actividade.

O presente trabalho pretendeu contribuir para o conhecimento, através de uma análise qualitativa e quantitativa, do ruído gerado pela operacionalização dos F - 16 na Base Aérea de Monte Real. Esta fonte de ruído aéreo apresenta uma emissão sonora acusticamente relevante para o ruído do ambiente exterior da zona de Monte Real e para o ruído ocupacional dos mecânicos dos F - 16.

Decorrente da realização deste trabalho é possível concluir que:

- A nível laboral, os militares que trabalham directamente com os F - 16, principalmente os *Crew Chiefs*, estão expostos a níveis elevados de ruído e que ultrapassam grandemente os valores limite de acção estabelecidos legalmente. No entanto, essa exposição poderá ser atenuada através de protectores auditivos, devidamente dimensionados. Dada a especificidade da fonte sonora, não existem ainda alternativas viáveis que possam minimizar o ruído na fonte e, como tal, seria importante que a Base Aérea, apostasse em formação, informação e consulta dos trabalhadores; adequação dos horários de trabalho e períodos de descanso; organização do trabalho no que diz respeito à duração e intensidade da exposição; entre algumas das medidas mitigadoras possíveis de adoptar/implementar.
- A nível ambiental, não são cumpridos os critérios de exposição máxima, isto é, não são respeitados os níveis sonoros de 65 dBA, expressos pelo indicador L_{den} , ao nível das

descolagens; nem os critérios de incomodidade, estabelecidos pelo Regulamento Geral do Ruído, relativamente às descolagens e aterragens. Verifica-se que a fonte sonora (F - 16) tem um impacto significativo a nível local, sobretudo durante as descolagens e nos receptores localizados a Norte e a Sul da Pista.

Sugere-se como trabalhos adicionais, que podem complementar um estudo desta natureza:

- Monitorização de um maior número de locais e mais distantes da Base Aérea de Monte Real, de forma a obter um panorama mais amplo e abrangente da situação acústica;
- Avaliação da percepção humana ao ruído antes e depois da implementação de medidas de minimização de ruído, através da aplicação de inquéritos sócio - acústicos, recorrendo por exemplo, à recente norma NP EN 4476:2008 (Avaliação da incomodidade devida ao ruído por meio de inquéritos sociais e sócioacústicos);
- Estudo sobre as vibrações subjacentes à exposição dos mecânicos e pilotos do F - 16 ao ruído e respectivas consequências na saúde, a médio/longo prazo;
- Estudo sobre a acuidade auditiva dos mecânicos e pilotos de F - 16.

7 BIBLIOGRAFIA

- [1] - <http://www.emfa.pt/www/po/maisalto/conteudos/367-f16MLU.pdf>
- [2] - <http://sistemadearmas.sites.uol.com.br/ge/dtl4usalink16.html>
- [3] - <http://www.voodoo-world.cz/falcon/info.html>
- [4] - [http://pt.wikipedia.org/wiki/Asa_\(avia%C3%A7%C3%A3o\)](http://pt.wikipedia.org/wiki/Asa_(avia%C3%A7%C3%A3o))
- [5] - <http://www.emfa.pt/www/unidadedetalhe.php?lang=pt&cod=1H000>
- [6] - http://pt.wikipedia.org/wiki/Base_A%C3%A9rea_de_Monte_Real
- [7] - <http://www.pw.utc.com/Home>
- [8] - http://pt.wikipedia.org/wiki/F-16_Fighting_Falcon
- [9] - http://en.wikipedia.org/wiki/General_Dynamics_F-16_Fighting_Falcon
- [10] - <http://www.f-16.net/>
- [11] - <http://f16portugal.blogspot.com/>
- [12] - <http://areamilitar.org/analise/analise.aspx?NrMateria=11>
- [13] - <http://www.lockheedmartin.com/>
- [14] - <http://aviacaoportugal.net/>
- [15] - <http://tropaselite.t35.com/Armas-F-16.htm>
- [16] - http://en.wikipedia.org/wiki/Flight_control_surfaces
- [17] - Lei n.º 7/2009 de 12 de Fevereiro – Capítulo IV, art.º 281.º – art.º 283.º
- [18] - Lei n.º 102/2009 de 10 Setembro - artigos 5.º, 15.º, 17.º, 18.º, 19.º, 20.º
- [19] - Decreto – Lei n.º 182/2006, de 6 de Setembro
- [20] - Decreto - Lei n.º 9/2007, de 17 de Janeiro
- [21] - NP 1730 -1:1996 – Descrição e Medição do Ruído Ambiente – Parte 1: Grandezas Fundamentais e Procedimentos

[22] - NP 1730 – 2: 1996 - Descrição e Medição do Ruído Ambiente – Parte 2: Recolha de Dados Relevantes Para o Uso do Solo

[23] - NP 1730 – 3: 1996 - Descrição e Medição do Ruído Ambiente – Parte 3: Aplicação aos Limites do Ruído

[24] - ISO 1996 – 1: 2003 – Description, Measurement and Assessment of Environmental Noise – Part 1 – Basic Quantities and Assessment Procedures

[25] - ISO 1996 – 2: 2007 – Description, Measurement and Assessment of Environmental Noise – Part 2 – Determination of Environmental Noise Levels

[26] - Portaria n.º 977/2009 de 1 de Setembro

[27] - CLARK, C.; MARTIN, R. et al (2005) "Exposure-Effect Relations between Aircraft and Road Traffic Noise Exposure at School and Reading Comprehension", American Journal of Epidemiology Vol. 163, No. 1. Consultado em: <http://aje.oxfordjournals.org> by on March 25, 2010, em 25 de Março de 2010.

[28] - STANSFELD, S.; MATHESON, M. (2003) "Noise pollution: non-auditory effects on health", Department of Psychiatry, Medical Sciences Building, Queen Mary, University of London, London, UK. Consultado em: <http://bmb.oxfordjournals.org> at UNIVERSIDADE DE AVEIRO, em 28 Março, 2010.

[29] - ESSEN, H.; MITCHELL, S. (2005) "Sound Noise Limits; Options for a uniform noise limiting scheme for EU airports Delft, CE, January 2005". Consultado em: www.ce.nl, em 31 de Março de 2010.

[30] - FIDELL, S.; PEARSONS, K. (2000) "Effects on sleep disturbance of changes in aircraft noise near three airports", BBN Technologies, A Unit of GTE Internetworking, 21128 Vanowen Street, CanogaPark, California 91303. Consultado em: http://www.flyoakland.com/pdf/effects_aircraft_noise_sleep.pdf, em 25 de Março de 2010.

[31] - BERRY, B.(2009) "Estimating Dose-Response Relationships Between Noise Exposure And Human Health Impacts In The UK", CARDIFF, NOVEMBER 11 2009. Consultado em <http://www.defra.gov.uk/environment/quality/noise/igcb/documents/executive-summary.pdf>, em 28 de Março de 2010.

[32] - NETJASOV, F. (2008), "A Model of Air Traffic Assignment as a Measure for Mitigating Noise at Airports: The Zurich Airport Case", Transportation Planning and Technology, 31: 5, 487 – 508. Consultado em: <http://dx.doi.org/10.1080/O3081060802364448>, em 28 de Março de 2010.

[33] - LIM, C.; KIM, J. (2007), "Effect of background noise levels on community annoyance from aircraft noise". Consultado em: <http://dx.doi.org/10.1121/1.2821985>, em 28 de Março de 2010.

[34] - SCHRECKENBERG, D; GRIEFAHN, B. (2010) "The associations between noise sensitivity, reported physical and mental health, perceived environmental quality, and noise annoyance", Aircraft noise, health effects, noise sensitivity, Noise & Health, January-March 2010, Volume 12. Consultado em: <http://www.noiseandhealth.org/article.asp?issn=1463-1741;year=2010;volume=12;issue=46;spage=7;epage=16;aulast=Schreckenbergttype=Q>, em 28 de Março de 2010.

[35] - KROESEN, M; MOLIN, E. (2010) "Determining the direction of causality between psychological factors and aircraft noise annoyance" Noise & Health, January-March 2010, 12:46,17-25. Consultado em: <http://www.noiseandhealth.org/article.asp?issn=1463-1741;year=2010;volume=12;issue=46;spage=17;epage=25;aulast=Kroesen;type=Q>, em 31 de Março de 2010.

[36] - SILVA, J. (2009), "Caracterização do ruído emitido por veículos rodoviários num troço da EN109 em Vagos". Consultado na B-on da Universidade de Aveiro em 31 de Março de 2010.

[37] - MESTRE, V. (2009), "Effects of Aircraft Noise: Research Update on Select Topics". Consultado em: http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/acrp/acrp_syn_009.pdf, em 03 de Outubro de 2010.

[38] - KROESEN, M. et al (2010), "Estimation of the effects of aircraft noise on residential satisfaction", ScienceDirect. Consultado em: www.elsevier.com/locate/trd, em 03 de Outubro de 2010.

[39] - GOSLING, G. (2001), "2001: An Airspace Odyssey summary proceedings of the 2001 airport noise symposium and airport air quality symposium", Institute of Transportation Studies UC Berkeley. Consultado em: <http://econpapers.repec.org/paper/cdlitsrrp/334.htm>, em 07 de Outubro de 2010.

[40] - CAMPBELL, C. (2001), "Aircraft noise and economic benefits: the case of air express", San Diego, CA February 28, 2001. Consultado em: <http://www.techtransfer.berkeley.edu/aviation01downloads/>, no dia 12 de Agosto de 2010.

[41] - CRAIG, L. (2001), "Airport Noise Symposium 2001- Technology Development and Implementation for Stage 4", Boeing Commercial Airplane Group February 26, 2001.

Consultado em: <http://www.techtransfer.berkeley.edu/aviation01downloads/>, em 12 de Agosto de 2010.

[42] - Operational Noise Program, Directorate of Environmental Health Engineering (2005) "Operational Noise Manual - An Orientation For Department of Defense Facilities". Consultado em <http://chppm-www.apgea.army.mil/dehe/morenoise/> em 28 de Março de 2010.

[43] - DUREAU, G. (2001), "2001: An Airspace Odyssey - Assessing plans for Stage 4 A Business Jet Perspective". Consultado em: <http://www.techtransfer.berkeley.edu/aviation01downloads/>, em 12 de Agosto de 2010.

[44] - BERRY, B. (2009), "Environmental Noise and Health". Consultado em: http://www.cieh.org/uploadedFiles/Core/Membership/Regional_network/London/Study_and_d_technical_groups/Environmental%20noise%20and%20health.pdf em 14 de Abril de 2010.

[45] - JONES K.; CADOUX R. (2009), "ERCD REPORT 0904 - Metrics for Aircraft Noise". Consultado em: <http://www.caa.co.uk/application.aspx?catid=33&pagetype=65&appid=11&mode=detail&id=3384>, em 12 de Agosto de 2010.

[46] - JONES, K. (2009), "ERCD REPORT 0905 - Aircraft Noise and Sleep Disturbance: A Review". Consultado em: www.caa.co.uk/docs/33/ERCDO905.pdf em 12 de Agosto de 2010.

[47] - WHITE, S. (2009), "ERCD REPORT 0906 Accuracy of Data in the Noise and Track Keeping System at the London Airports". Consultado em www.caa.co.uk/docs/33/ERCDO906.pdf, em 12 de Agosto de 2010.

[48] - JONES, K. (2010), "ERCD REPORT 0907 Environmental Noise and Health: A Review". Consultado em: www.caa.co.uk/docs/33/ERCDO907.pdf, em 12 de Agosto de 2010.

[49] - JONES, K. (2010), "ERCD REPORT 0908 Aircraft Noise and Children`s Learning". Consultado em: www.caa.co.uk/docs/33/ERCDO908.pdf, em 12 de Agosto de 2010.

[50] - JAMRAH, A.; AL-OMARI, A.; SHARABI, R. (2006), "Evaluation of traffic noise pollution in AMMAN, JORDAN", Environmental Monitoring and Assessment. Consultado em: <http://www.springerlink.com/content/06t7x20g58u5j4v7/>, em 24 de Maio de 2010.

[51] - CLOUGH Harbour & Associates LLP (2008), "Final far part 150 noise study for WATERBURY-OXFORD AIRPORT". Consultado em: <http://www.oxcstudies.com/documents/>, em 20 de Abril de 2010.

[52] - FLIEGER, T.; RAEMER, B. (2001), "Boston-Logan Runway 27, and the Use of Advanced Navigation Procedures". Consultado em: <http://www.techtransfer.berkeley.edu/aviation01downloads/>, em 12 de Agosto de 2010.

[53] - FUHRMANN, R. (2001), "Low Frequency Noise Impacts Minneapolis/St. Paul International Airport". Consultado em: http://www.flyoakland.com/pdf/low_frequency_noise_impacts_msp.pdf, em 20 de Abril de 2010.

[54] - "F.A.R. PART 150 NOISE COMPATIBILITY STUDY UPDATE", Williams Gateway Airport – Arizona. Consultado em: <http://www.phxmesagateway.org/part150info/FullDocumentNoExhibits.pdf>, em 20 de Abril de 2010.

[55] - ESPEY, M.; LOPEZ, L. (2000), "The Impact of Airport Noise and Proximity on Residential Property Values". Consultado na b-on da Universidade de Aveiro, em 20 de Abril de 2010.

[56] - SOBOTTA, R.; CAMPBELL, H.; OWENS, B. (2007), "Aviation noise and environmental justice: the barrio barrier", JOURNAL OF REGIONAL SCIENCE, VOL. 47, NO. 1, 2007, pp. 125–154. Consultado na b-on da Universidade de Aveiro, em 20 de Abril de 2010.

[57] - PASSCHIER-VERMEER, W.; PASSCHIER, W. (2005), "Environmental noise, annoyance and sleep disturbance". Consultado na b-on da Universidade de Aveiro em 20 de Abril de 2010.

[58] - GILLEN, D. "Framing the Assessment of Alternative Noise Management Strategies". Consultado em: <http://www.techtransfer.berkeley.edu/aviation01downloads/gillen.pdf>, no dia 20 de Abril de 2010.

[59] - HREINSSON, S. (1993), "Aircraft Noise", Department of Aerospace and Ocean Engineering Virginia Polytechnic Institute and State University Blacksburg, VA 24061. Consultado em: [http://www.aoe.vt.edu/~mason/Mason f/HreinssonACNoise.pdf](http://www.aoe.vt.edu/~mason/Mason%20f/HreinssonACNoise.pdf), em 24 de Abril de 2010.

[60] - EUROCONTROL (2007), "Local Air Quality". Consultado em: http://www.eurocontrol.int/environment/public/standard_page/air_quality.html, em 25 de Março de 2010.

[61] - EUROCONTROL (2007). "Aviation and Sustainability". Consultado em: http://www.eurocontrol.int/environment/public/standard_page/aviation_sustainability.html, em 25 de Março de 2010.

- [62] - EUROCONTROL (2007), "Climate Change". Consultado em: http://www.eurocontrol.int/environment/public/standard_page/climate_change.html, em 25 de Março de 2010.
- [63] - EUROCONTROL (2007), "Environment Economics". Consultado em: http://www.eurocontrol.int/environment/public/standard_page/economics.html, em 25 de Março de 2010.
- [64] - EUROCONTROL (2007), "Aircraft Noise". Consultado em: http://www.eurocontrol.int/environment/public/standard_page/noise.html, em 25 de Março de 2010.
- [65] - EUROCONTROL (2005), "Third Party Risk". Consultado em: http://www.eurocontrol.int/environment/public/standard_page/third_party.html, em 25 de Março de 2007.
- [66] - THE MEDICAL NEWS (2008), "Night-time noise from aircraft or traffic can increase a person's blood pressure". Consultado em: <http://www.news-medical.net/news/2008/02/13/35192.aspx>, em 25 de Março de 2010.
- [67] - COMMISSIONING Organisation - Environment Agency (2002), "Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) - Horizontal Guidance for NoisePart 2 – Noise Assessment and Control". Consultado em: http://www.environment-agency.gov.uk/static/documents/Business/ippc_h3_part_2_1916903.pdf, em 31 de Março de 2010.
- [68] - KIRSCH, P. (2001), "Pressure on Business Jets ". Consultado em: <http://www.techtransfer.berkeley.edu/aviation01downloads/>, em 31 de Março de 2010.
- [69] - LEYERLE, J. (2001), "Aircraft Flight Tracks: How Can They Stay the Same and Seem So Different?". Consultado em: <http://www.slideserve.com/presentation/24310>, em 31 de Março de 2010.
- [70] - MARCHI, R. (2000), "ANCA Ten Years Later - Airports Council International". Consultado em: <http://www.techtransfer.berkeley.edu/aviation01downloads/>, em 31 de Março de 2010.
- [71] - MARX, W. (2001), "2001: an airspace odyssey - The Perception of Changing Flight Tracks". Consultado em: <http://www.techtransfer.berkeley.edu/aviation01downloads/>, em 31 de Março de 2010.

[72] - MULDER, A. (2001), "The Airport Noise and Capacity Act (ANCA) - Ten Years Later". Consultado em: <http://www.techtransfer.berkeley.edu/aviationO1downloads/>, em 31 de Março de 2010.

[73] - The Parliamentary Office of Science and Technology, (2003) "Aircraft Noise". Consultado em: <http://www.parliament.uk/documents/post/pn197.pdf>, em 25 de Março de 2010.

[74] - PORTER, N.; KERSHAW, A.; OLLERHEAD, J., "Adverse effects of night-time aircraft noise", UK Civil Aviation Authority. Consultado em: <http://www.caa.co.uk/docs/33/ERCD9964.PDF>, em 31 de Março de 2010.

[75] - Airports Council International (2009), "Aircraft Noise", ACI POSITION BRIEF 2009. Consultado em: http://www.aci.aero/cda/aci_common/display/main/aci_content07_c.jsp?zn=aci&cp=1-4612-4615^14075_666_2, em 25 de Março de 2010.

[76] - NUNES, M.; SATTler, M., "Ruído aeronáutico no entorno do Aeroporto Internacional Salgado Filho: realidade acústica e recomendações de padrão construtivo". Consultado em: http://www.cbtu.gov.br/estudos/pesquisa/anpet_xviiiCongrpesqens/rt/RD_arq28.pdf, em 12 de Abril de 2010.

[77] - BERRY, B.; PORTER, N. (2004), "Review and analysis of published research into the adverse effects of industrial noise, in support of the revision of planning guidance". Consultado em: <http://www.defra.gov.uk/environment/quality/noise/research/industrial/documents/execsummary.pdf>, em 31 de Março de 2010.

[78] - RHODES, D., "Approach Noise Mitigation: A UK Study". Consultado em: <http://www.techtransfer.berkeley.edu/aviationO1downloads/>, em 31 de Março de 2010.

[79] - ROSE, P. (2001), "Total Aircraft Noise Reduction Development to Implementation". Consultado em: <http://www.techtransfer.berkeley.edu/aviationO1downloads/rose.pdf>, em 31 de Março de 2010.

[80] - KROESEN, M.; MOLIN, E.; et al, "Estimation of the effects of aircraft noise on residential satisfaction". Consultado na B-on da Universidade de Aveiro em 30 de Março de 2010.

[81] - FLINDELL, I.; BULLMORE, A.; ROBERTSON, K.; et al (2000), "Aircraft noise and sleep – 1999 UK Trial Methodology Study". Consultado em: <http://www.isvr.co.uk/enviromn/sleep.pdf>, em 25 de Março de 2010.

- [82] - MINISTÉRIO DAS CIDADES, ORDENAMENTO DO TERRITÓRIO E AMBIENTE - Instituto do Ambiente, "Técnicas de Prevenção e Controlo de Ruído". Consultado em: https://dspace.ist.utl.pt/bitstream/2295/40154/1/tecnicas_controlo_ruído.pdf, em 09 de Junho de 2010.
- [83] - XAVIER, S. (2009), "Comportamento de Barreiras Acústicas em Portugal". Consultado na B-on da Universidade de Aveiro em 28 de Março de 2010.
- [84] - MOREIRA, M. (2009), "Lesão auditiva no médico dentista: dano profissional? - Dissertação de Mestrado em Medicina Legal". Consultado em: <http://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/18723/2/TESE%20Maria%20Manuel%20Valente.pdf>, em 13 de Março de 2010.
- [85] - TOBIAS, L. (2001), "Air Traffic Control Decision Support Tools for Noise Mitigation". Consultado em: <http://www.techtransfer.berkeley.edu/aviation01downloads/>, em 31 de Março de 2010.
- [86] - PASSCHIER-VERMEER, W., "Aircraft noise exposure and adverse effects". Consultado em: <http://www.techtransfer.berkeley.edu/aviation01downloads/>, em 31 de Março de 2010.
- [87] - WILLSHIRE, B. (2001), "Progress Toward Quieter Aircraft", Noise Impact Reduction Technology Office NASA Langley Research Center. Consultado em: <http://www.techtransfer.berkeley.edu/aviation01downloads/willshire.pdf>, em 31 de Março de 2010.
- [88] - FICAN - The Federal Interagency Committee on Aviation Noise, "How do we Describe Aircraft Noise?". Consultado em: http://www.fican.org/pdf/aircraft_noise.pdf, em 25 de Março de 2010.
- [89] - World Health Organization (2001), "WHO technical meeting on Aircraft Noise and Health". Consultado em: B-on da Universidade de Aveiro em 28 de Março de 2010.
- [90] - ARMAN, C. (2001), "Advanced flight track procedures", 2001 Airport Noise Symposium University of California, Berkeley. Consultado em: <http://www.techtransfer.berkeley.edu/aviation01downloads/>, em 31 de Março de 2010.
- [91] - BERRY, B. (2001), "EU Noise Policy: A personal view of the current role of the EC Working Groups". Consultado em: <http://www.npl.co.uk/content/ConWebDoc/1758>, em 25 de Março de 2010.

[92] - Long Beach Airport Terminal Area Improvement Project, consultado em: <http://admin.longbeach.gov/news/displaynews.asp?NewsID=1244&targetid=38>, em 28 de Março de 2010.

[93] - ROSÃO, V.; ABREU, L.; CONCEIÇÃO, E. (2010), “Especificidades da Monitorização do Ruído de Tráfego Ferroviário”. Consultado em <http://schiu.com/sectores/artigos/2010-Prj182-POO1-MonitorizacaoFerrovias-VO1-007-VCR.pdf>, em 07 de Outubro de 2010.

[94] - NABINGER, L. (2005), “Medições de ruído aeronáutico dentro da área II do plano específico de zoneamento de ruído do Aeroporto Salgado Filho, Porto Alegre/RS”. Consultado em: <http://hdl.handle.net/10183/7962>, em 30 de Setembro de 2010.

[95] - “Ruído na Comunidade”. Consultado em: carla.cristiana.googlepages.com/Acustica-Cap5.pdf, em 06 de Outubro de 2010.

[96] - BRAGA, M.; ROSÃO, V. (2006), “A Insustentável Leveza do Ruído”, CNAI`06, 2ª Conferência Nacional de Avaliação de Impactes, Castelo Branco. Consultado em: <http://schiu.com/sectores/artigos/Art-614-CNAI2006-InsustentavelLevezaRuido.pdf>, em 09 de Outubro de 2010.

[97] - GUEDES, M.; LEITE M. (2009), “CONTROLO DA POLUIÇÃO SONORA”, Acção de formação à GNR. Consultado em: <http://www.apambiente.pt/Destaques/Documents/Cursos%20GNR/ControloPolui%C3%A7%C3%A3oSonora.pdf>, em 07 de Outubro de 2010.

[98] - ANTUNES, S. (2004), “Avaliação do grau de incomodidade provocado por uma fonte sonora. Análise das fontes de incerteza e determinação da incerteza expandida”. Consultado em: <http://www.sea-acustica.es/Guimaraes04/ID73.pdf>, em 08 de Outubro de 2010.

[99] - Laboratório de Acústica (ESTG / Inst. Politécnico de Leiria), (2007), “Mapas de Ruído - Escala Municipal Associação de Municípios da Alta Estremadura Concelho: Leiria”. Consultado em: http://www.apambiente.pt/politicasambiente/Ruido/SituacaoNacional/Documents/MapasRuidoMunicipais/Ourem/Relatorio_Ourem.pdf, em 06 de Outubro de 2010.

[100] - NUNES, M.; SATTler, M. (2004), “Percepção do ruído aeronáutico em escolas da zona do AEROPORTO INTERNACIONAL SALGADO FILHO”. Consultado em: http://www.uff.br/engevista/3_6Engvista1.pdf, em 18 de Julho de 2010.

- [101] - NUNES, F. (2006), “Segurança e Higiene do trabalho – Manual Técnico” Edições Gustavo Eiffel, p. 157 – 197.
- [102] - MIGUEL, A. (2007), “Manual de Higiene e Segurança do Trabalho”, Porto Editora, p. 367 – 400.
- [103] – VALENTE, Vitor [2008], “Efeitos do ruído no corpo humano em ambiente de discoteca”. Consultado na B-on da Universidade de Aveiro em 28 de Março de 2010.
- [104] – MATEUS, Mário [2008], “Texto de Apoio - Acústica”, Amberg, Coimbra, p. 1 – 48.
- [105] - <http://www.bkpt.com/>
- [106] - International Standard ISO/DIS 9612 – Determination of Occupational Noise Exposure – Engineering Method
- [107] – www.googlemaps.com
- [108] - <http://passarodeferro-operations.blogspot.com/2010/03/dossier-15133.html>
- [109] - <http://www.univ-ab.pt/formacao/sehit/curso/ruído/uni1/ruído.html>
- [110] - www.nidcd.nih.gov/health/hearing/noise.asp

8 ANEXOS

ANEXO I – PLANTAS COM INDICAÇÃO DOS LOCAIS DE MONITORIZAÇÃO DE RUÍDO AMBIENTE

ANEXO II – ESPECTROS DE FREQUÊNCIA DO RUÍDO AMBIENTE NOS DIVERSOS PONTOS DE MONITORIZAÇÃO

ANEXO III – QUADROS INDIVIDUAIS DE EXPOSIÇÃO PESSOAL DIÁRIA DE CADA TRABALHADOR

ANEXO IV – CARACTERÍSTICAS DOS PROTECTORES AUDITIVOS UTILIZADOS, DESIGNADAMENTE, MARCA, MODELO E ATENUAÇÃO

ANEXO I – PLANTAS COM INDICAÇÃO DOS LOCAIS DE MONITORIZAÇÃO DE RUÍDO AMBIENTE



Figura A.I.1 Indicação da localização dos pontos de monitorização - Ponto 1, 2, 3, 4 e 5



Figura A.I.2 - Indicação da localização do ponto de monitorização - Ponto 1



Figura A.I.3 Indicação da localização dos pontos de monitorização - Ponto 2 e Ponto 4



Figura A.I.4 Indicação da localização do ponto de monitorização - Ponto 3



Figura A.I.5 Indicação da localização do ponto de monitorização - Ponto 5

ANEXO II – ESPECTROS DE FREQUÊNCIA DO RUÍDO AMBIENTE NOS DIVERSOS PONTOS DE MONITORIZAÇÃO

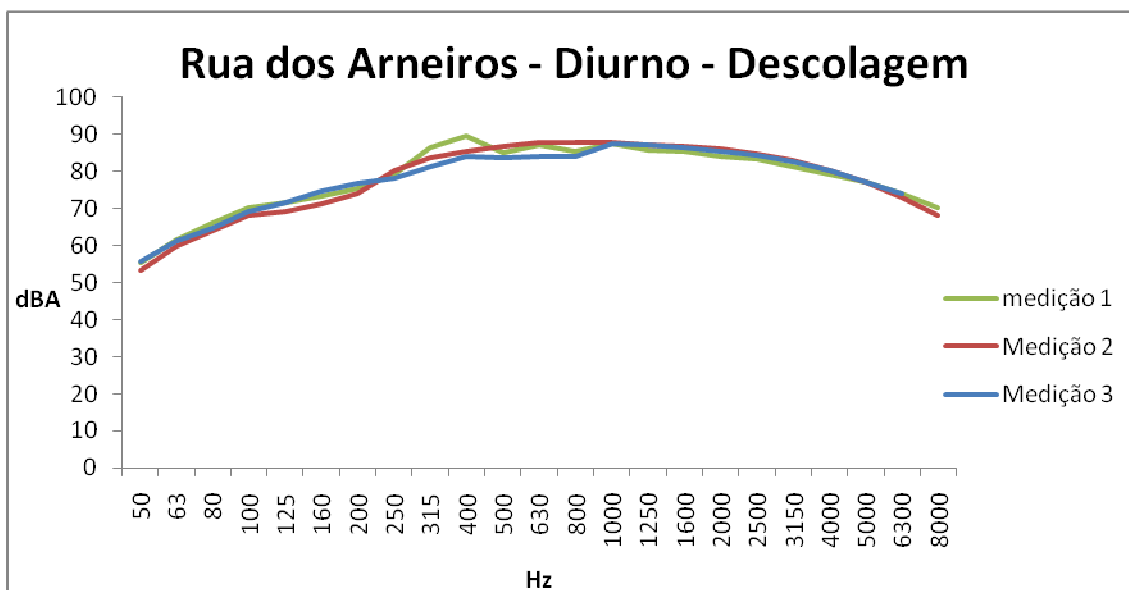


Figura A.II.1 Espectro de frequência do ruído ambiente na Rua dos Arneiros durante a descolagem, período diurno

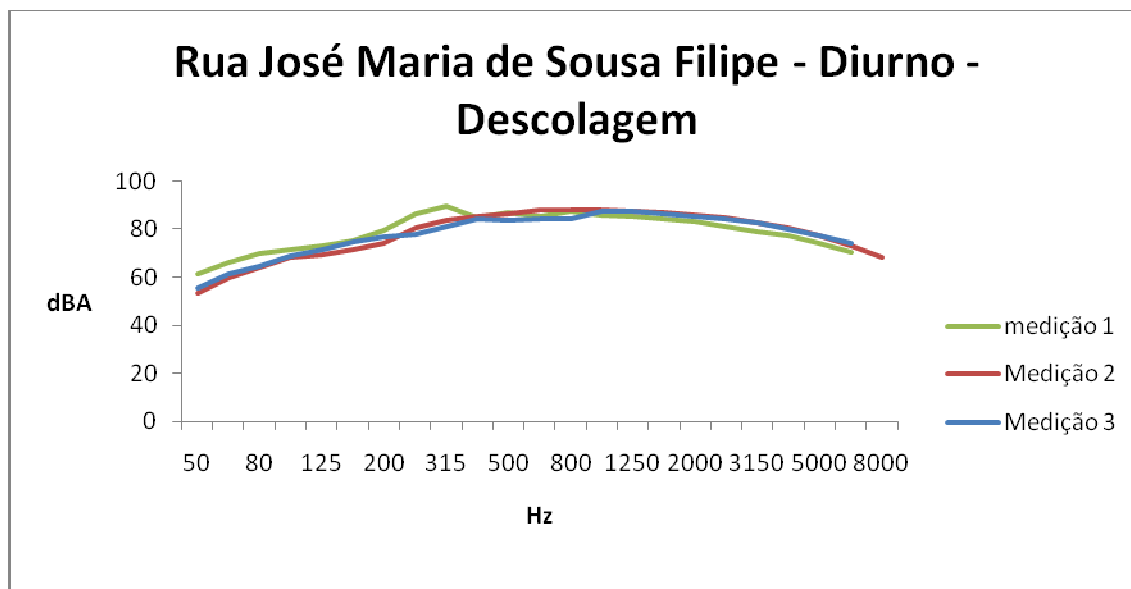


Figura A.II.2 Espectro de frequência do ruído ambiente na Rua José Maria de Sousa Filipe durante a descolagem, período diurno

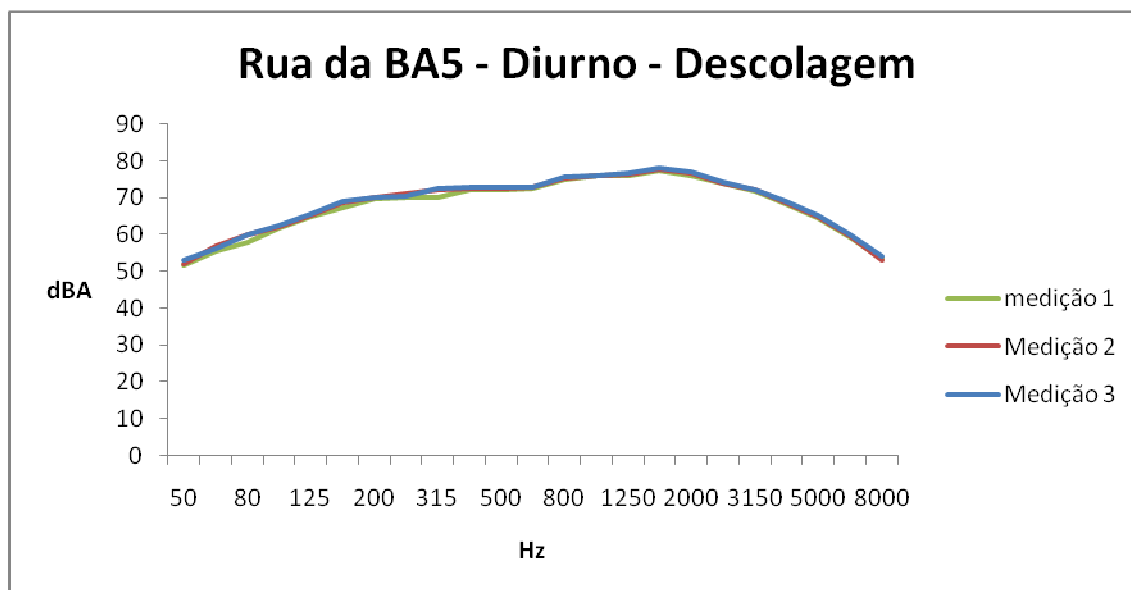


Figura A.II.3 Espectro de frequência do ruído ambiente na Rua da BA5 durante a descolagem, período diurno

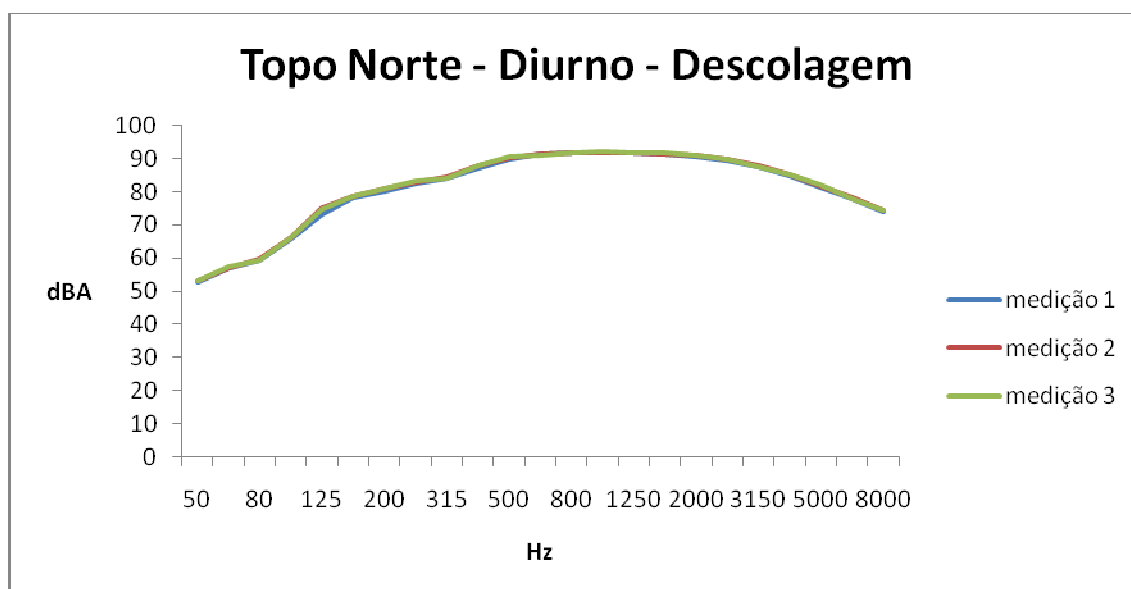


Figura A.II.4 Espectro de frequência do ruído ambiente no Topo Norte durante a descolagem, período diurno

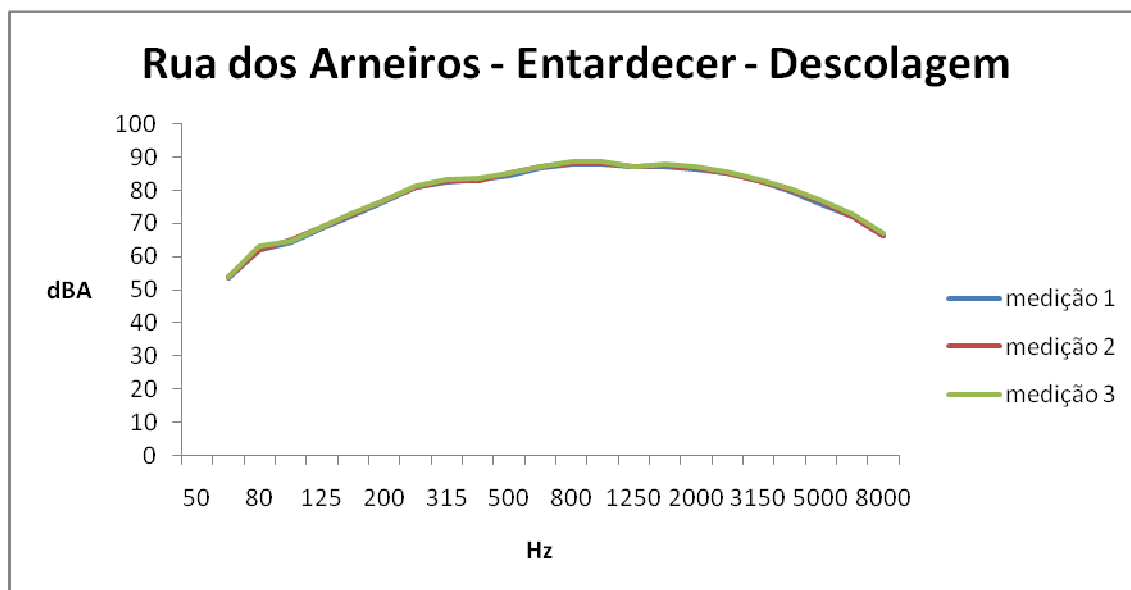


Figura A.II.5 Espectro de frequência do ruído ambiente na Rua dos Arneiros durante a descolagem, período entardecer

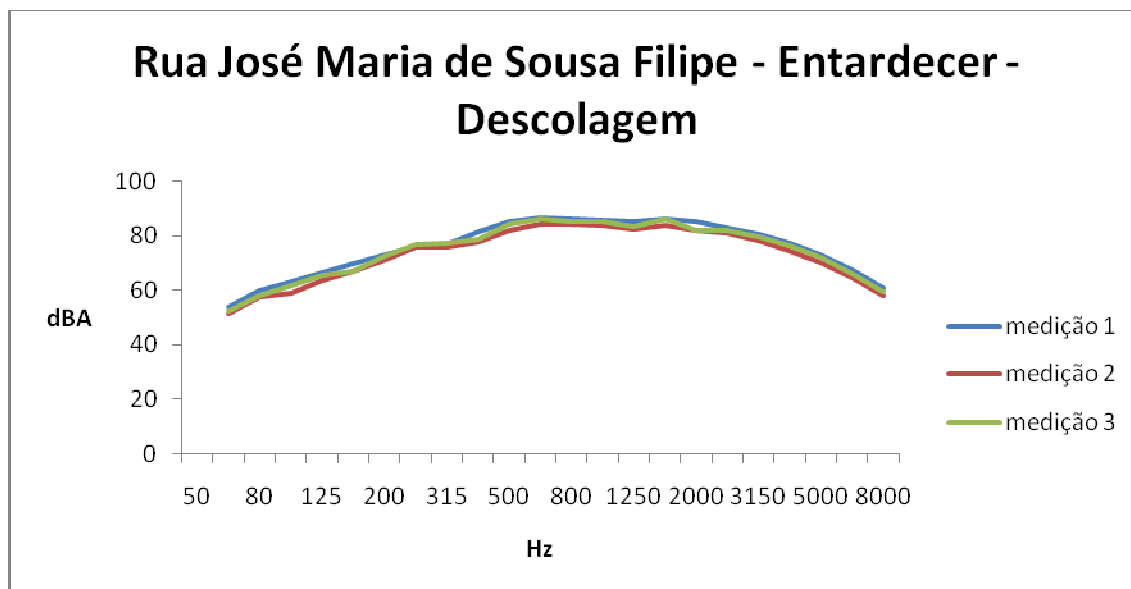


Figura A.II.6 Espectro de frequência do ruído ambiente na Rua José Maria de Sousa Filipe durante a descolagem, período entardecer

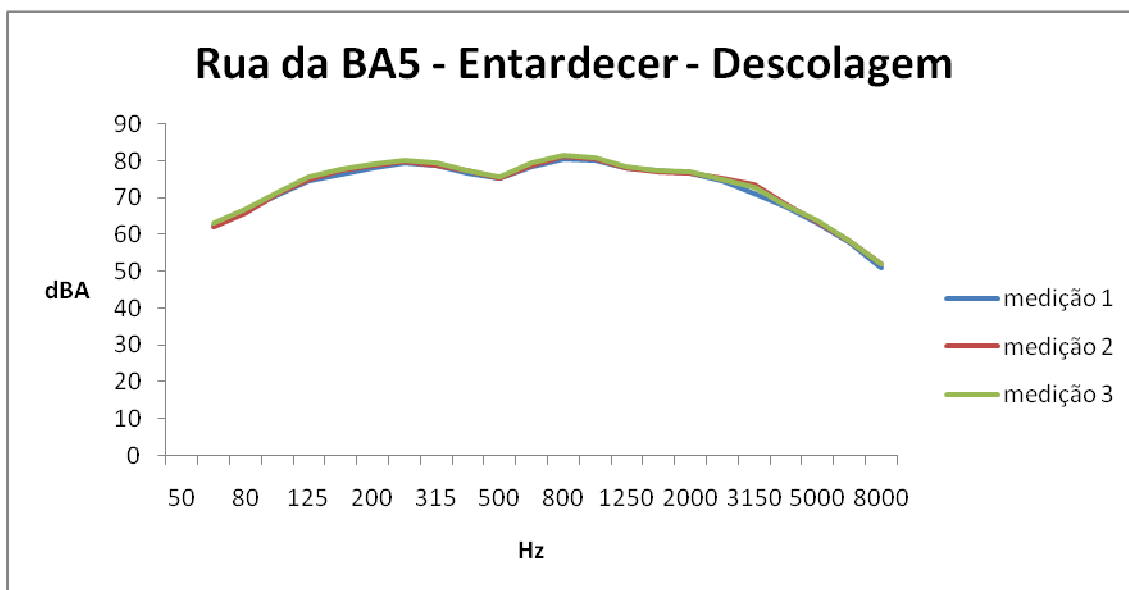


Figura A.II.7 Espectro de frequência do ruído ambiente na Rua da BA5 durante a descolagem, período entardecer

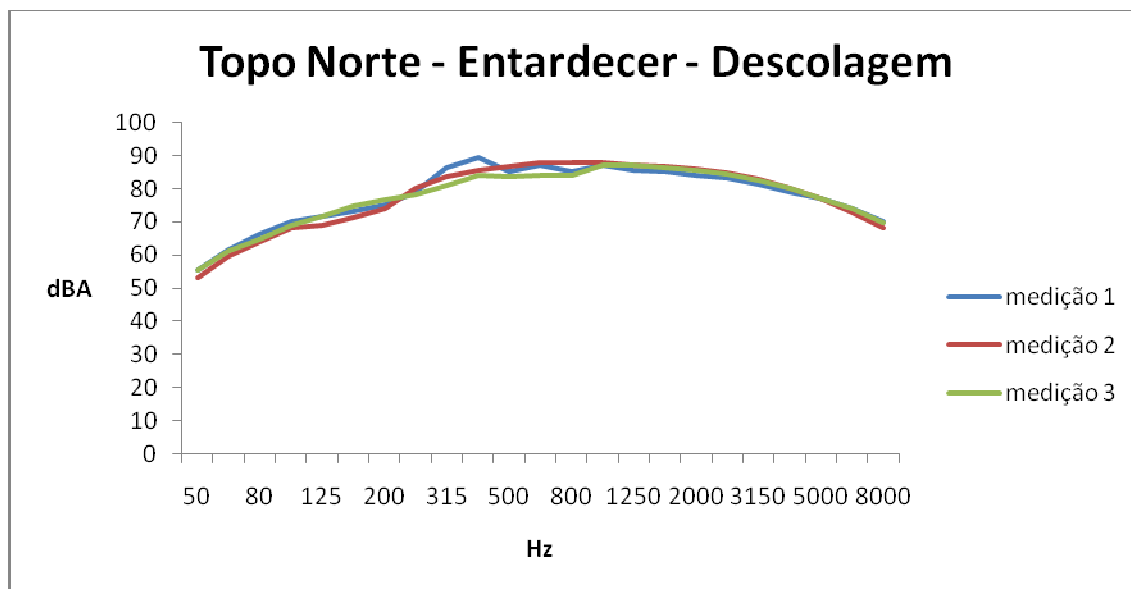


Figura A.II.8 Espectro de frequência do ruído ambiente no Topo Norte durante a descolagem, período entardecer

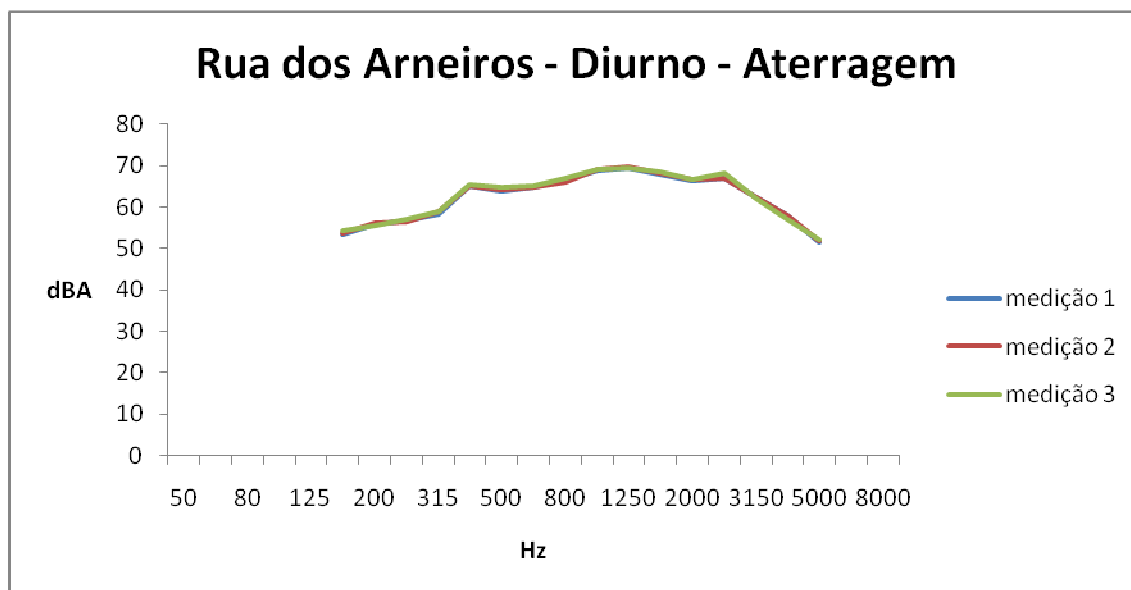


Figura A.II.9 Espectro de frequência do ruído ambiente na Rua dos Arneiros durante a aterragem, período diurno

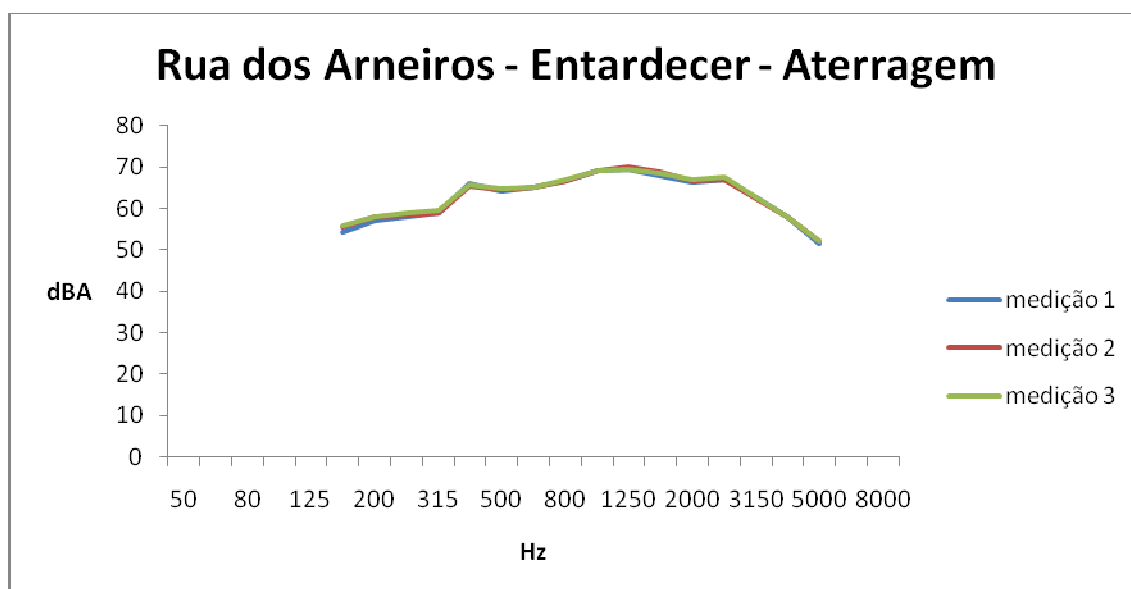


Figura A.II.10 Espectro de frequência do ruído ambiente na Rua dos Arneiros durante a aterragem, período entardecer

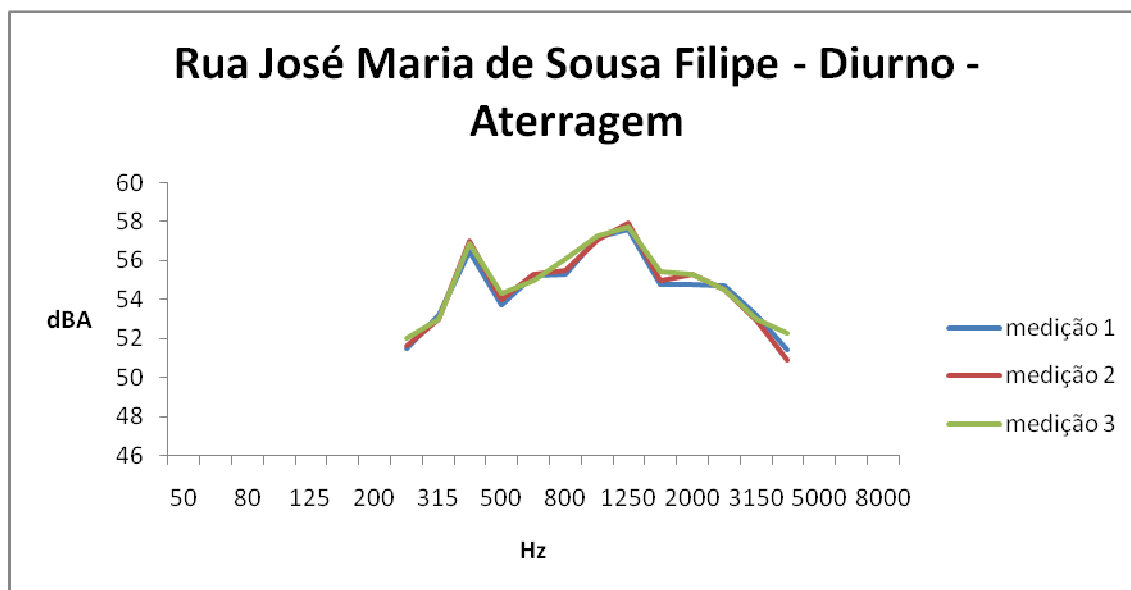


Figura A.II.11 Espectro de frequência do ruído ambiente na Rua José Maria de Sousa Filipe durante a aterragem, período diurno

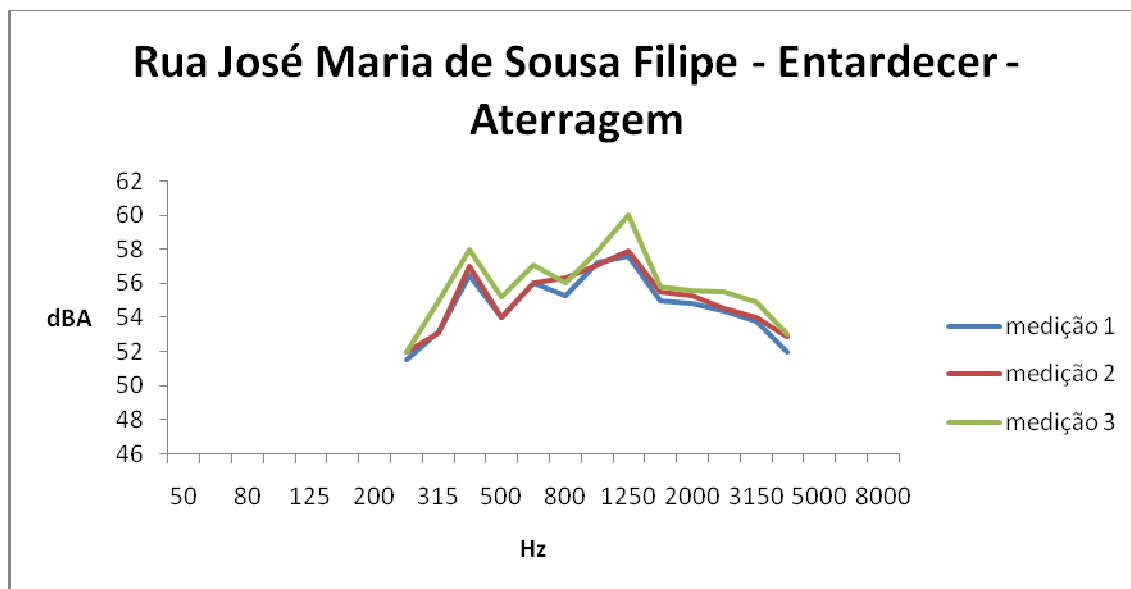


Figura A.II.12 Espectro de frequência do ruído ambiente na Rua José Maria de Sousa Filipe durante a aterragem, período entardecer

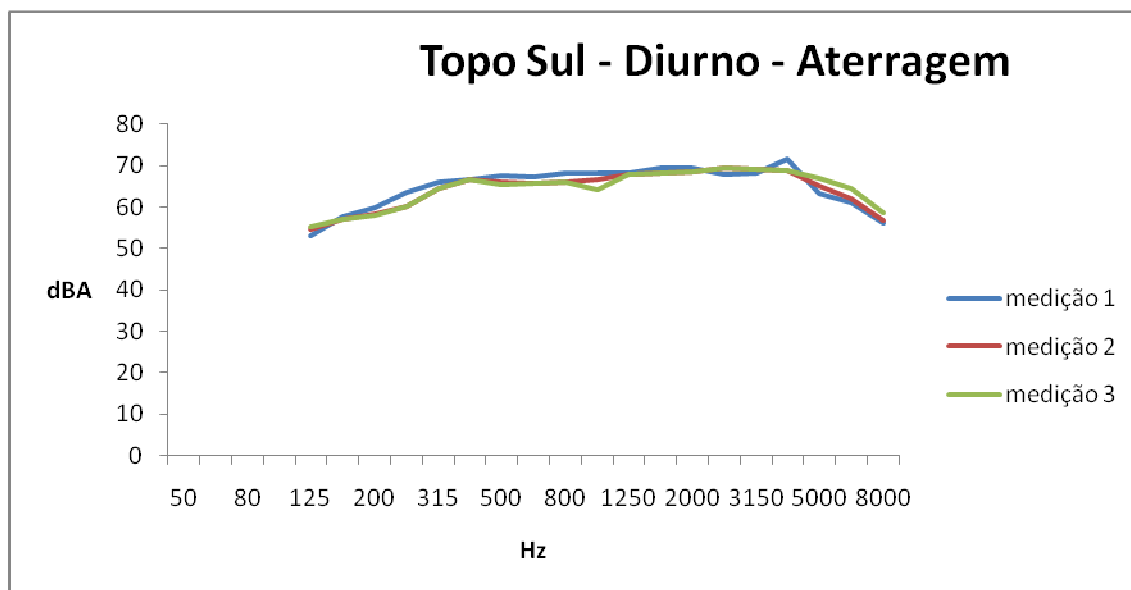


Figura A.II.13 Espectro de frequência do ruído ambiente no Topo Sul durante a aterragem, período diurno

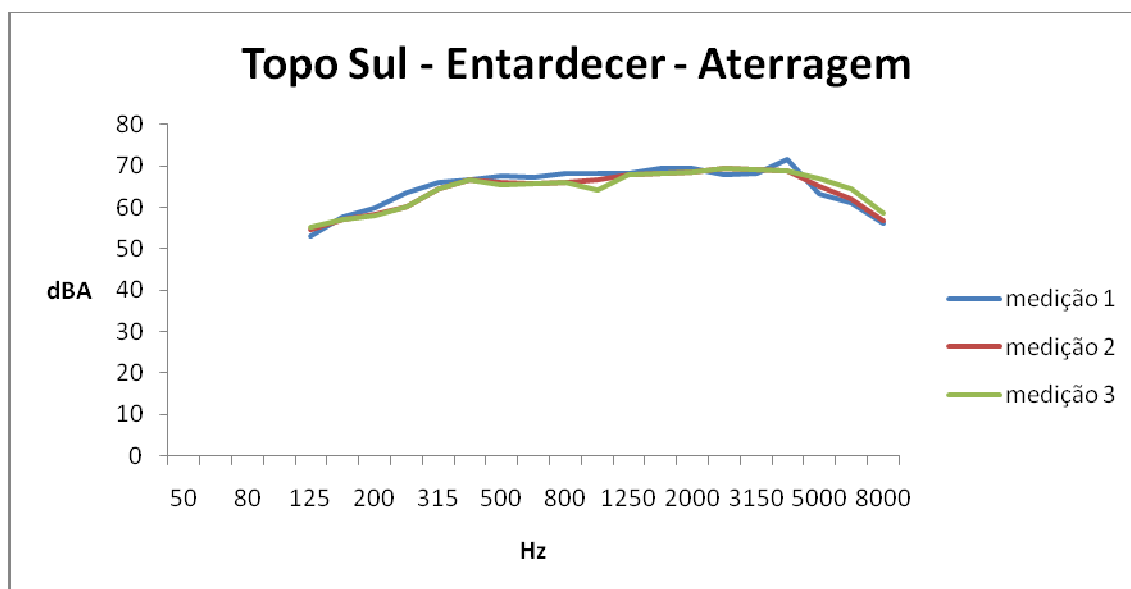


Figura A.II.14 Espectro de frequência do ruído ambiente no Topo Sul durante a aterragem, período entardecer

ANEXO III – QUADROS INDIVIDUAIS DE EXPOSIÇÃO PESSOAL DIÁRIA DE CADA TRABALHADOR

ANEXO III - QUADRO I			
Quadro Individual de Avaliação de Exposição Pessoal Diária de cada Trabalhador ao Ruído durante o Trabalho			
Carimbo da empresa, estabelecimento ou serviço		<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 60%;"> Nº de Página Nº de Processo </div> <div style="width: 35%; border: 1px solid black; padding: 2px;"> <div style="text-align: center; border-bottom: 1px solid black;">1</div> <div style="text-align: center;">1</div> </div> </div>	
EMPRESA/ESTABELECIMENTO: Força Aérea Portuguesa - Base Aérea de Monte Real			
Endereço : Monte Real			
NOME DO TRABALHADOR: Amílcar Reis			
Data de Nascimento: 18-08-1980		Sexo: Masculino	
Profissão:			
Data de Admissão na Empresa, Estabelecimento ou Serviço: 04-01-2002			
Tempo de serviço em ambientes ruidosos: 8 anos (estimativa)			
Sistema de Segurança Social: CRSS Leiria			
Beneficiário Nº: 11114466778			
<div style="display: grid; grid-template-columns: 1fr 1fr; gap: 20px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> $L_{EX,8h} = 113 \pm 2,1 \text{ dBA}$ </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> $L_{EX,8h,efect} = \text{dBA}$ </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> $L_{EX,8h} = \text{dBA}$ </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> $L_{cpico} = 133 \text{ dBC}$ </div> </div>			
Assinatura do Trabalhador		Data:	
Assinatura do Empregador		Data:	
Data de Avaliação: 25/06/2010			
Sistema de Medição Utilizado na Avaliação: Medição feita por amostragem			
Método de Ensaio: Amostragem de acordo com o Decreto - Lei nº 182/2006, segundo as indicações dadas pela ISO/DIS 9612			
Nome do Autor da Avaliação : Sónia Carin Pereira Carreira			
Assinatura: 			

ANEXO III - QUADRO II				
Quadro Individual de Avaliação de Exposição Pessoal Diária de cada Trabalhador ao Ruído durante o Trabalho				
Carimbo da empresa, estabelecimento ou serviço			Nº de Página	2
			Nº de Processo	1
EMPRESA: Força Aérea Portuguesa - Base Aérea de Monte Real				
Endereço: Monte Real				
Descrição das actividades do trabalhador, na empresa, estabelecimento ou serviço	Tempo de Amostragem (minuto) na medição de Ruído, Te	Tk = Tempo de exposição (hora/dia) ao ruído «K»	L _{Aeq,Tk} em dBA	L _{Cpico} em dBC
Nome da zona de trabalho: Linha da Frente	NOTA: Nestas medições com a máxima exactidão será: Ta=Tk=Te	NOTA: Quando seja necessário medir separadamente «k» ruídos diferentes será $T_e = \sum T_k$	NOTA: Nestas condições, calcular pela fórmula do n.º 6 do Anexo I, o valor de L _{EX} , 8h	
a) Dentro do Shelter	15	2,5	118	133
b)				
c)				
d)				
e)				
VALORES FINAIS		Total de horas de trabalho T _o = 8 h/dia	Exposição pessoal diária L _{EX} , 8h = 113 dBA	L _{Cpico} = 133 dBC
Nome do autor da medição: Sónia Carreira				

Quadro de Selecção de Protectores Auditivos em Função da Atenuação por Bandas de Oitava indicada pelo Fabricante (INTEGRA O ANEXO III)

Carimbo da empresa, estabelecimento ou serviço	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 60%; text-align: right; padding: 2px;">Nº de Página</td> <td style="width: 40%; text-align: center; padding: 2px;">3</td> </tr> <tr> <td style="width: 60%; text-align: right; padding: 2px;">Nº do Processo</td> <td style="width: 40%; text-align: center; padding: 2px;">1</td> </tr> </table>	Nº de Página	3	Nº do Processo	1
Nº de Página	3				
Nº do Processo	1				

Ruído «k»: Tempo de exposição do trabalhador a este ruído Tk = 2,5 hora/dia	Cálculo da exposição diária efectiva a que cada trabalhador fica exposto quando utiliza correctamente protectores auditivos, conhecida a atenuação em dB/oitava
Local/Posto Trabalho: Linha da Frente/Dentro Shelter	
Nome Trabalhador: Amílcar Reis	

Bandas de Oitava:	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4 000 Hz	8 000 Hz
L _{Aeq,f,Tk} [Espectro ponderado A] -----	67,0	79,0	92,0	96,0	104,0	114,0	115,0	105,0
Desvios padrão das atenuações do protector auditivo, indicados pelo fabricante, multiplicados por (x2) -----	0	4,2	5,2	4	4,2	3	9	5,2
Ln [Níveis Globais, por banda de oitava]-----	67,0	65,8	72,5	65,3	66,8	77,7	76,5	67,6

L _{Aeq,Tk,efect} = 10.log ₁₀ ∑ _n 10 ^{0,1.Ln} [Nível sonoro continuo equivalente a que fica exposto o trabalhador equipado com protectores auditivos, conforme exposto na alínea c) do nº2 do Anexo V]-----	<b style="color: blue;">82,0
--	----------------------------------

Nota: Esta análise é repetida para cada espectro (definido pelo nível sonoro contínuo equivalente, L_{Aeq,f,Tk,efect} em dB/oitava) correspondente a cada tipo de ruído "k" a que o trabalhador está exposto durante T_k hora por dia. Aplica-se ao conjunto dos valores L_{Aeq, Tk, efect} a expressão definida na alínea d) do nº2 do Anexo V.

$$L_{EX,8h,efect} = 10 \lg \left[(1/8) \sum_{k=1}^{k=n} T_k 10^{(0,1 L_{Aeq,Tk,efect})} \right]$$

= 77

Nome do Autor da Medição: Sónia Carreira	Assinatura:
--	-------------

ANEXO III - QUADRO I			
Quadro Individual de Avaliação de Exposição Pessoal Diária de cada Trabalhador ao Ruído durante o Trabalho			
Carimbo da empresa, estabelecimento ou serviço		<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 60%;"> Nº de Página Nº de Processo </div> <div style="width: 35%; border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center;"> <div style="border-bottom: 1px solid black; margin-bottom: 2px;">1</div> <div style="border-bottom: 1px solid black; margin-bottom: 2px;">2</div> </div> </div>	
EMPRESA/ESTABELECIMENTO: Força Aérea Portuguesa - Base Aérea de Monte Real			
Endereço: Monte Real			
NOME DO TRABALHADOR: Ricardo Felisberto			
Data de Nascimento: 21-03-1960		Sexo: Masculino	
Profissão: Mecânico F16			
Data de Admissão na Empresa, Estabelecimento ou Serviço: 04-05-1980			
Tempo de serviço em ambientes ruidosos: 20 anos (estimativa)			
Sistema de Segurança Social: CRSS Leiria			
Beneficiário Nº: 11115557888			
<div style="display: grid; grid-template-columns: 1fr 1fr; gap: 10px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> $L_{EX,8h} = 104 \pm 2,1 \text{ dBA}$ </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> $L_{EX,8h,efect} = 67 \text{ dBA}$ </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> $L_{EX,8h} = \text{ dBA}$ </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> $L_{cpico} = 127 \text{ dBC}$ </div> </div>			
Assinatura do Trabalhador		Data:	
Assinatura do Empregador		Data:	
Data de Avaliação: 25/06/2010			
Sistema de Medição Utilizado na Avaliação: Medição feita por amostragem			
Método de Ensaio: Amostragem de acordo com o Decreto - Lei nº 182/2006, segundo as indicações dadas pela ISO/DIS 9612			
Nome do Autor da Avaliação: Sónia Carin Pereira Carreira			
Assinatura: _____			

ANEXO III - QUADRO II				
Quadro Individual de Avaliação de Exposição Pessoal Diária de cada Trabalhador ao Ruído durante o Trabalho				
Carimbo da empresa, estabelecimento ou serviço			Nº de Página <div>2</div>	Nº de Processo <div>2</div>
EMPRESA: Força Aérea Portuguesa - Base Aérea de Monte Real				
Endereço: Monte Real				
Descrição das actividades do trabalhador, na empresa, estabelecimento ou serviço	Tempo de Amostragem (minuto) na medição de Ruído, Te	Tk = Tempo de exposição (hora/dia) ao ruído «K»	L _{Aeq,Tk} em dBA	L _{Cpico} em dBC
Nome da zona de trabalho: Linha da Frente	NOTA: Nestas medições com a máxima exactidão será: Ta=Tk=Te	NOTA: Quando seja necessário medir separadamente «k» ruídos diferentes será $Te = \sum Tk$	NOTA: Nestas condições, calcular pela fórmula do n.º 6 do Anexo I, o valor de LEX, 8h	
a) Fora do Shelter	15	2,5	109	127
b)				
c)				
d)				
e)				
VALORES FINAIS		Total de horas de trabalho T _o = 8 h/dia	Exposição pessoal diária L _{EX, 8h} = 104 dBA	L _{Cpico} = 127 dBC
Nome do autor da medição: Sónia Carin Pereira Carreira				

<p align="center">Quadro de Selecção de Protectores Auditivos em Função da Atenuação por Bandas de Oitava indicada pelo Fabricante (INTEGRA O ANEXO III)</p>												
<p align="center">Carimbo da empresa, estabelecimento ou serviço</p>					<table border="1"> <tr> <td>Nº de Página</td> <td align="center">3</td> </tr> <tr> <td>Nº do Processo</td> <td align="center">2</td> </tr> </table>				Nº de Página	3	Nº do Processo	2
Nº de Página	3											
Nº do Processo	2											
<p>Ruído «k»: Tempo de exposição do trabalhador a este ruído Tk = 2,5 hora/dia</p>	<p>Cálculo da exposição diária efectiva a que cada trabalhador fica exposto quando utiliza correctamente protectores auditivos, conhecida a atenuação em dB/oitava</p>											
Local/Posto Trabalho: Linha da Frente/Fora Shelter												
Nome Trabalhador: Ricardo Felisberto												
Bandas de Oitava:	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4 000 Hz	8 000 Hz				
LAeq,f,Tk [Espectro ponderado A] -----	58,0	72,0	79,0	83,0	93,0	103,0	106,0	99,0				
Desvios padrão das atenuações do protector auditivo, indicados pelo fabricante, multiplicados por (x2) -----	0,00	4,2	5,2	4	4,2	3	9	5,2				
Ln [Níveis Globais, por banda de oitava]-----	58,0	58,8	59,5	52,3	55,8	66,7	67,5	61,6				
<table border="1"> <tr> <td> <p>LAeq,Tk,efect = 10.log₁₀ ∑_n 10^{0,1.Ln} [Nível sonoro contínuo equivalente a que fica exposto o trabalhador equipado com protectores auditivos, conforme exposto na alínea c) do nº2 do Anexo V]-----</p> </td> <td align="center">72,0</td> </tr> </table>									<p>LAeq,Tk,efect = 10.log₁₀ ∑_n 10^{0,1.Ln} [Nível sonoro contínuo equivalente a que fica exposto o trabalhador equipado com protectores auditivos, conforme exposto na alínea c) do nº2 do Anexo V]-----</p>	72,0		
<p>LAeq,Tk,efect = 10.log₁₀ ∑_n 10^{0,1.Ln} [Nível sonoro contínuo equivalente a que fica exposto o trabalhador equipado com protectores auditivos, conforme exposto na alínea c) do nº2 do Anexo V]-----</p>	72,0											
<p>Nota: Esta análise é repetida para cada espectro (definido pelo nível sonoro contínuo equivalente, LAeq,f,Tk,efect em dB/oitava) correspondente a cada tipo de ruído "k" a que o trabalhador está exposto durante Tk hora por dia. Aplica-se ao conjunto dos valores LAeq, Tk, efect a expressão definida na alínea d) do nº2 do Anexo V.</p> $L_{EX,8h,efect} = 10 \lg \left[(1/8) \sum_{k=1}^{k=n} T_k 10^{(0,1L_{Aeq,Tk,efect})} \right]$ <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 10px auto;">= 67</div>												
Nome do Autor da Medição: Sónia Carreira					Assinatura:							

ANEXO III - QUADRO I	
Quadro Individual de Avaliação de Exposição Pessoal Diária de cada Trabalhador ao Ruído durante o Trabalho	
Carimbo da empresa, estabelecimento ou serviço	<div> <div>Nº de Página</div> <div>1</div> </div> <div> <div>Nº de Processo</div> <div>3</div> </div>
EMPRESA/ESTABELECIMENTO: Força Aérea Portuguesa - Base Aérea de Monte Real	
Endereço: Monte Real	
NOME DO TRABALHADOR: Alexandre Santos Piriquito	
Data de Nascimento: 25-11-1968	Sexo: Masculino
Profissão: Mecânico F16	
Data de Admissão na Empresa, Estabelecimento ou Serviço: 04-05-1988	
Tempo de serviço em ambientes ruidosos: 22 anos (estimativa)	
Sistema de Segurança Social: CRSS Leiria	
Beneficiário Nº: 11110000788	
<div> <div> <div>$L_{EX,8h} =$</div> <div>113 ± 2,1</div> <div>dBA</div> </div> <div> <div>$L_{EX,8h,efect} =$</div> <div>77</div> <div>dBA</div> </div> </div> <div> <div> <div>$L_{EX,8h} =$</div> <div></div> <div>dBA</div> </div> <div> <div>$L_{cpico} =$</div> <div>127</div> <div>dBC</div> </div> </div>	
Assinatura do Trabalhador	Data:
Assinatura do Empregador	Data:
Data de Avaliação: 25/06/2010	
Sistema de Medição Utilizado na Avaliação: Medição feita por amostragem	
Método de Ensaio: Amostragem de acordo com o Decreto - Lei nº 182/2006, segundo as indicações dadas pela ISO/DIS 9612	
Nome do Autor da Avaliação: Sónia Carin Pereira Carreira	
Assinatura: _____	

ANEXO III - QUADRO II				
Quadro Individual de Avaliação de Exposição Pessoal Diária de cada Trabalhador ao Ruído durante o Trabalho				
Carimbo da empresa, estabelecimento ou serviço			Nº de Página Nº de Processo	<div>2</div> <div>3</div>
EMPRESA: Força Aérea Portuguesa - Base Aérea de Monte Real				
Endereço: Monte Real				
Descrição das actividades do trabalhador, na empresa, estabelecimento ou serviço	Tempo de Amostragem (minuto) na medição de Ruído, Te	Tk = Tempo de exposição (hora/dia) ao ruído «K»	LAeq,Tk em dBA	LCpico em dBC
Nome da zona de trabalho: Linha da Frente	NOTA: Nestas medições com a máxima exactidão será: Ta=Tk=Te	NOTA: Quando seja necessário medir separadamente «k» ruídos diferentes será $T_e = \sum T_k$	NOTA: Nestas condições, calcular pela fórmula do n.º 6 do Anexo I, o valor de LEX, 8h	
a) Dentro do Shelter	15	2,5	118	127
b) Junto à Pista	15	1	111	125
c)				
d)				
e)				
VALORES FINAIS		Total de horas de trabalho $T_o = 8 \text{ h/dia}$	Exposição pessoal diária $L_{EX, 8h} = 113 \text{ dBA}$	$L_{Cpico} = 127 \text{ dBC}$
Nome do autor da medição: Sónia Carin Pereira Carreira				

Quadro de Selecção de Protectores Auditivos em Função da Atenuação por Bandas de Oitava indicada pelo Fabricante (INTEGRA O ANEXO III)

Carimbo da empresa, estabelecimento ou serviço					Nº de Página 3 Nº do Processo 3				
Ruído «k»: Tempo de exposição do trabalhador a este ruído Tk = 2,5 hora/dia	Cálculo da exposição diária efectiva a que cada trabalhador fica exposto quando utiliza correctamente protectores auditivos, conhecida a atenuação em dB/oitava								
Local/Posto Trabalho: Linha da Frente/Dentro Shelter									
Nome Trabalhador: Alexandre Piriquito									
Bandas de Oitava:	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4 000 Hz	8 000 Hz	
LAeq,f,Tk [Espectro ponderado A] -----	67,0	79,0	92,0	96,0	104,0	114,0	115,0	105,0	
Desvios padrão das atenuações do protector auditivo, indicados pelo fabricante, multiplicados por (x2) -----	0	4,2	5,2	4	4,2	3	9	5,2	
Ln [Níveis Globais, por banda de oitava]-----	67,0	65,8	72,5	65,3	66,8	77,7	76,5	67,6	
LAeq,Tk,efect = 10.log ₁₀ ∑ _n 10 ^{0,1.Ln} [Nível sonoro contínuo equivalente a que fica exposto o trabalhador equipado com protectores auditivos, conforme exposto na alínea c) do nº2 do Anexo V]-----	82,0								
<p>Nota: Esta análise é repetida para cada espectro (definido pelo nível sonoro contínuo equivalente, LAeq,f,Tk,efect em dB/oitava) correspondente a cada tipo de ruído "k" a que o trabalhador está exposto durante Tk hora por dia. Aplica-se ao conjunto dos valores LAeq, Tk, efect a expressão definida na alínea d) do nº2 do Anexo V.</p> $L_{EX,8h,efect} = 10 \lg \left[(1/8) \sum_{k=1}^{k=n} T_k 10^{(0,1L_{Aeq,Tk,efect})} \right]$ <div style="text-align: center; margin-top: 10px;"> =77 </div>									
Nome do Autor da Medição: Sónia Carreira					Assinatura:				

<p align="center">Quadro de Selecção de Protectores Auditivos em Função da Atenuação por Bandas de Oitava indicada pelo Fabricante (INTEGRA O ANEXO III)</p>								
<p align="center">Carimbo da empresa, estabelecimento ou serviço</p>					<p align="center">Nº de Página</p>			
					<p align="center">Nº do Processo</p>			
<p>Ruído «k»: Tempo de exposição do trabalhador a este ruído Tk = 1 hora/dia</p>					<p align="center">Cálculo da exposição diária efectiva a que cada trabalhador fica exposto quando utiliza correctamente protectores auditivos, conhecida a atenuação em dB/oitava</p>			
<p>Local/Posto Trabalho: Linha da Frente/Pista</p>								
<p>Nome Trabalhador: Alexandre Piriquito</p>								
Bandas de Oitava:	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4 000 Hz	8 000 Hz
LAeq,f,Tk [Espectro ponderado A] -----	52,0	66,0	78,0	84,0	93,0	106,0	109,0	100,0
Desvios padrão das atenuações do protector auditivo, indicados pelo fabricante, multiplicados por (x2) -----	0	4,2	5,2	4	4,2	3	9	5,2
Ln [Níveis Globais, por banda de oitava]-----	52,0	52,8	58,5	53,3	55,8	69,7	70,5	62,6
<div> <div> <p> $L_{Aeq,Tk,efect} = 10 \cdot \log_{10} \sum_n 10^{0,1 \cdot L_n}$ </p> <p> [Nível sonoro continuo equivalente a que fica exposto o trabalhador equipado com protectores auditivos, conforme exposto na alínea c) do nº2 do Anexo V]----- </p> </div> <div> <p align="center">74,0</p> </div> </div>								
<p>Nota: Esta análise é repetida para cada espectro (definido pelo nível sonoro contínuo equivalente, LAeq,f,Tk,efect em dB/oitava) correspondente a cada tipo de ruído "k" a que o trabalhador está exposto durante Tk hora por dia. Aplica-se ao conjunto dos valores LAeq, Tk, efect a expressão definida na alínea d) do nº2 do Anexo V.</p> $L_{EX,8h,efect} = 10 \lg \left[(1/8) \sum_{k=1}^{k=n} T_k 10^{(0,1 L_{Aeq,Tk,efect})} \right]$								
<p>Nome do Autor da Medição: Sónia Carreira</p>					<p>Assinatura:</p>			

ANEXO III - QUADRO I	
Quadro Individual de Avaliação de Exposição Pessoal Diária de cada Trabalhador ao Ruído durante o Trabalho	
Carimbo da empresa, estabelecimento ou serviço	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 60%;"> Nº de Página Nº de Processo </div> <div style="width: 35%; border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center;"> <div style="border-bottom: 1px solid black; margin-bottom: 2px;">1</div> <div style="border-bottom: 1px solid black; margin-bottom: 2px;">4</div> </div> </div>
EMPRESA/ESTABELECIMENTO: Força Aérea Portuguesa - Base Aérea de Monte Real	
Endereço: Monte Real	
NOME DO TRABALHADOR: Vítor Manuel Francisco	
Data de Nascimento: 25-12-1990	Sexo: Masculino
Profissão: Mecânico F16	
Data de Admissão na Empresa, Estabelecimento ou Serviço: 18-03-2010	
Tempo de serviço em ambientes ruidosos: 0 anos (estimativa)	
Sistema de Segurança Social: CRSS Leiria	
Beneficiário Nº: 11000078856	
<div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-bottom: 20px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> $L_{EX,8h} = 106 \pm 1,6 \text{ dBA}$ </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> $L_{EX,8h,efect} = 69 \text{ dBA}$ </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> $L_{EX,8h} = \text{ dBA}$ </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> $L_{cpico} = 127 \text{ dBC}$ </div> </div>	
Assinatura do Trabalhador	
Data:	
Assinatura do Empregador	
Data:	
Data de Avaliação: 25/06/2010	
Sistema de Medição Utilizado na Avaliação: Medição feita por amostragem	
Método de Ensaio: Amostragem de acordo com o Decreto - Lei nº 182/2006, segundo as indicações dadas pela ISO/DIS 9612	
Nome do Autor da Avaliação: Sónia Carin Pereira Carreira	
Assinatura: _____	

ANEXO III - QUADRO II						
Quadro Individual de Avaliação de Exposição Pessoal Diária de cada Trabalhador ao Ruído durante o Trabalho						
Carimbo da empresa, estabelecimento ou serviço			Nº de Página <table border="1"><tr><td>2</td></tr></table> Nº de Processo <table border="1"><tr><td>4</td></tr></table>	2	4	
2						
4						
EMPRESA: Força Aerea Portuguesa - Base Aerea de Monte Real						
Endereço: Monte Real						
Descrição das actividades do trabalhador, na empresa, estabelecimento ou serviço	Tempo de Amostragem (minuto) na medição de Ruído, Te	Tk = Tempo de exposição (hora/dia) ao ruído «K»	LAeq,Tk em dBA	LCpico em dBC		
Nome da zona de trabalho: Linha da Frente	NOTA: Nestas medições com a máxima exactidão será: Ta=Tk=Te	NOTA: Quando seja necessário medir separadamente «k» ruídos diferentes será Te=ΣTk	NOTA: Nestas condições, calcular pela fórmula do n.º 6 do Anexo I, o valor de LEX, 8h			
a) Fora do Shelter	15	2,5	109	127		
b) Junto à Pista	15	1	111	125		
c)						
d)						
e)						
f)						
g)						
VALORES FINAIS		Total de horas de trabalho T _o = 8 h/dia	Exposição pessoal diária LEX, 8h = 113 dBA	LCpico = 127 dBC		
Nome do autor da medição: Sónia Carin Pereira Carreira						

Quadro de Selecção de Protectores Auditivos em Função da Atenuação por Bandas de Oitava indicada pelo Fabricante (INTEGRA O ANEXO III)

Carimbo da empresa, estabelecimento ou serviço	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 60%; text-align: right;">Nº de Página</td> <td style="width: 40%; text-align: center;">3</td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">Nº do Processo</td> <td style="text-align: center;">4</td> </tr> </table>	Nº de Página	3	Nº do Processo	4
Nº de Página	3				
Nº do Processo	4				

Ruído «k»: Tempo de exposição do trabalhador a este ruído Tk = 2,5 hora/dia	Cálculo da exposição diária efectiva a que cada trabalhador fica exposto quando utiliza correctamente protectores auditivos, conhecida a atenuação em dB/oitava
Local/Posto Trabalho: Linha da Frente/Fora Shelter	
Nome Trabalhador: Vítor Manuel Francisco	

Bandas de Oitava:	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4 000 Hz	8 000 Hz
LAeq,f,Tk [Espectro ponderado A] -----	58,0	72,0	79,0	83,0	93,0	103,0	106,0	99,0
Desvios padrão das atenuações do protector auditivo, indicados pelo fabricante, multiplicados por (x2) -----	0,00	4,2	5,2	4	4,2	3	9	5,2
Ln [Níveis Globais, por banda de oitava]-----	58,0	58,8	59,5	52,3	55,8	66,7	67,5	61,6

$L_{Aeq,Tk,efect} = 10 \cdot \log_{10} \sum_n 10^{0,1 \cdot Ln}$ [Nível sonoro contínuo equivalente a que fica exposto o trabalhador equipado com protectores auditivos, conforme exposto na alínea c) do nº2 do Anexo V]-----	72,0
--	-------------

Nota: Esta análise é repetida para cada espectro (definido pelo nível sonoro contínuo equivalente, LAeq,f,Tk,efect em dB/oitava) correspondente a cada tipo de ruído "k" a que o trabalhador está exposto durante Tk hora por dia. Aplica-se ao conjunto dos valores LAeq, Tk, efect a expressão definida na alínea d) do nº2 do Anexo V.

$$L_{EX,8h,efect} = 10 \lg \left[(1/8) \sum_{k=1}^{k=n} T_k 10^{(0,1 L_{Aeq,Tk,efect})} \right]$$

= 69

Nome do Autor da Medição: Sónia Carreira

Assinatura:

Quadro de Selecção de Protectores Auditivos em Função da Atenuação por Bandas de Oitava indicada pelo Fabricante (INTEGRA O ANEXO III)									
Carimbo da empresa, estabelecimento ou serviço					Nº de Página				<div>4</div>
					Nº do Processo				<div>4</div>
Ruído «k»: Tempo de exposição do trabalhador a este ruído Tk = 1 hora/dia		Cálculo da exposição diária efectiva a que cada trabalhador fica exposto quando utiliza correctamente protectores auditivos, conhecida a atenuação em dB/oitava							
Local/Posto Trabalho: Linha da Frente/Pista									
Nome Trabalhador: Vítor Manuel Francisco									
Bandas de Oitava:	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4 000 Hz	8 000 Hz	
LAeq,f,Tk [Espectro ponderado A] -----	52,0	66,0	78,0	84,0	93,0	106,0	109,0	100,0	
Desvios padrão das atenuações do protector auditivo, indicados pelo fabricante , multiplicados por (x2) -----	0	4,2	5,2	4	4,2	3	9	5,2	
Ln [Níveis Globais, por banda de oitava]-----	52,0	52,8	58,5	53,3	55,8	69,7	70,5	62,6	
$L_{Aeq,Tk,efect} = 10 \cdot \log_{10} \sum_n 10^{0,1 \cdot Ln}$ [Nível sonoro contínuo equivalente a que fica exposto o trabalhador equipado com protectores auditivos, conforme exposto na alínea c) do nº2 do Anexo V]-----		<div>74,0</div>							
Nota: Esta análise é repetida para cada espectro (definido pelo nível sonoro contínuo equivalente, LAeq,f,Tk,efect em dB/oitava) correspondente a cada tipo de ruído "k" a que o trabalhador está exposto durante Tk hora por dia. Aplica-se ao conjunto dos valores LAeq, Tk, efect a expressão definida na alínea d) do nº2 do Anexo V.									
$L_{EX,8h,efect} = 10 \lg \left[(1/8) \sum_{k=1}^{k=n} T_k 10^{(0,1 L_{Aeq,Tk,efect})} \right]$									
Nome do Autor da Medição: Sónia Carreira					Assinatura:				

ANEXO IV – CARACTERÍSTICAS DOS PROTECTORES AUDITIVOS UTILIZADOS, DESIGNADAMENTE, MARCA, MODELO E ATENUAÇÃO

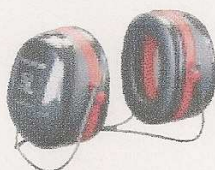


Banda de cabeza H540A

Almohadilla de cabeza ancha y blanda para un confort óptimo incluso con el uso prolongado.

OPTIME III

Los protectores auditivos **Optime III** tienen un gran efecto atenuador y están diseñados para el uso en entornos extremadamente ruidosos. Son protectores con una nueva tecnología de doble pared que minimiza la resonancia en el auricular. Tienen una atenuación máxima en la gama de alta frecuencia, al mismo tiempo que permiten oír el habla y las señales. Además, un acoplamiento acústico entre el volumen interior y la doble pared proporciona una atenuación máxima de baja frecuencia. Los anillos aislantes son anchos y están rellenos con espuma para una adaptación óptima y una presión de contacto baja. Los protectores **Optime III** se caracterizan por proporcionar una protección eficaz y un confort óptimo.



Banda de nuca H540B

Sin partes protuberantes. Banda de cabeza fina y ajustable para el uso cómodo.



Fijación de casco H540P3

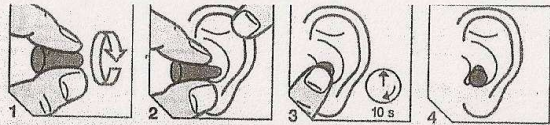
Combinación con casco de fijación de ranura. Los protectores se pueden poner en tres posiciones: de trabajo, de aireación y de descanso.

Paquete de seguridad HY54

Model	Frequency ²	125	250	500	1000	2000	4000	8000	H	M	L	SNR
**	Mean att. ³	17.4	24.7	34.7	41.4	39.3	47.5	42.6				
H540A	Stand. dev. ⁴	2.1	2.6	2.0	2.1	1.6	4.5	2.6				
285g	APV	15.3	22.1	32.7	39.3	37.8	43.0	40.0	40 dB	32 dB	23 dB	35 dB

Model	Frequency ²	125	250	500	1000	2000	4000	8000	H	M	L	SNR
**	Mean att. ³	17.5	24.5	34.5	41.4	39.5	47.3	42.0				
H540B	Stand. dev. ⁴	2.3	2.7	2.0	2.2	2.0	4.4	2.8				
270g	APV	15.2	21.8	32.5	39.2	37.5	42.9	39.2	40 dB	32 dB	23 dB	35 dB

Model	Frequency ²	125	250	500	1000	2000	4000	8000	H	M	L	SNR
**	Mean att. ³	17.1	24.5	34.8	40.2	39.6	46.7	43.1				
H540P3*	Stand. dev. ⁴	2.3	2.8	2.2	2.0	1.8	4.2	2.5				
310g	APV	14.8	21.7	32.6	38.2	37.8	42.5	40.6	40 dB	32 dB	22 dB	34 dB



Attenuation rating (3M 1100/1110) in accordance with EN24869-1.
Dæmpningsværdier (3M 1100/1110) i henhold til EN24869-1.
Dämpvärden (3M 1100/1110) enligt SS-EN24869-1.
Dæmpningstabell (3M 1100/1110) i henhold til EN24869-1.
Vaimennustabeli (3M 1100/1110) EN24869-1 mukaan.
Območje slabljenja (3M 1100/1110) je v skladu s SIST EN24869-1.
Prigušivanje (3M 1100/1110) u skladu sa EN24869-1.
Sumbetegor (3M 1100/1110) vastavalt EN24869-1 standardile.
Trokiņu slāpēšanas līmenis (3M 1100/1110) atbilstoši EN24869-1 norādījumiem.
Garsu sumāzēšanas (3M 1100/1110) pakāpe saskaņā ar EN24869-1.
Hodnota utluma (3M 1100/1110) pagal EN24869-1 standartu.
Коэффициент шумопоглощения для модели 3M 1100/1110 в соответствии с EN24869-1.
Относительное ослабление звукового давления (на модели 3M 1100/1110) - в соответствии с EN 24869-1.
Les niveaux d'atténuation des références 3M 1100 et 1110 sont obtenus selon la norme européenne EN24869-1.
Il grado di attenuazione (3M 1100/1110) è conforme alla norma EN24869-1.
Dämmvärde (3M 1100/1110) gemäß EN24869-1.
EN24869-1 e göre 3M 1100/1110 in gürültüden koruma tablosu.
Niveles de atenuación (3M 1100/1110) de acuerdo con EN24869-1.
Nível de Atenuação (3M 1100/1110) de acordo com a EN24869-1.
Dæmpingsværdien (3M 1100/1110) i overensstemmelse med EN24869-1.
Uroven zeslabenia hluku (u výrobku 3M 1100/1110) je v súlade s normou EN24869-1.
Capacitatea de atenuare (3M 1100/1110) conform EN24869-1.
Wartefel tłumienia (3M 1100/1110) zgodnie z EN24869-1.
A csillapítás (3M 1100/1110) megfelel az EN24869-1 szabványnak megfelelően.
Πίνακας Ατenuήσεως (3M 1100/1110) σύμφωνα με το EN24869-1.
EN24869-1 קצוץ המדרגה (3M 1100/1110) התאמתה לפי

Frequency	(Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Mf	(dB)	30.0	33.1	36.3	38.4	38.7	39.7	48.3	44.4
sf	(dB)	3.9	5.0	7.4	6.2	5.6	4.3	4.5	4.4
Mf - sf	(dB)	26.1	28.1	28.9	32.2	33.1	35.4	43.8	40.0
SNR = 37dB IL = 37dB M = 34dB L = 31dB APVf (dB) = Mf - sf (dB)									

APPROVALS – The 3M 1120 and 1130 meet the Basic Safety Requirements as laid out in Annex II of the European Community Directive 89/686/EEC. These products have been examined at the design stage by BSF Product Services, Maylands Avenue, Hemel Hempstead, Herts, HP2 4SQ, England (Notified Body number 0086).
The 3M 1100 and 1110 meet the Basic Safety Requirements as laid out in Annex II of the European Community Directive 89/686/EEC. These products have been examined at the design stage by INSPEC International Limited, Upper Wingburg Courtyard, Wingrave, Aylesbury, Buckinghamshire, HP22 4LW, UK (Notified Body number 0194).
FITTING INSTRUCTIONS – Always wash and rinse your hands before fitting ear plugs.
The plugs should be fitted in accordance with the diagrams on the box – 1. Slowly roll down the ear plug between your finger and thumb until it is compressed – 2. While compressed, insert the plug slowly into the ear canal. This is easier if the ear is gently pulled upwards and outwards – 3. Keep the plug in place until it is expanded back to fill the ear canal – 4. Roll the plug if it becomes dislodged through movement.
Removing ear plugs: For greater comfort twist the plug gently to break the seal before removing the plug.
MAINTENANCE – These ear plugs are disposable and should be discarded after use.
SIZE – In accordance with EN352-2:2002 the nominal size range for these ear plugs are:
3M 1100/1110 = 6 mm to 13 mm – 3M 1120/1130 = 6 mm to 12 mm.
STORAGE/TRANSPORTATION – These ear plugs should be stored in a clean uncontaminated area where they are unlikely to be damaged. When transporting this product use original packaging.
WARNINGS – 1. This product may be adversely affected by certain chemical substances. Further information should be sought from the manufacturer – 2. This product is disposable and should be discarded after use.
before initial use and disposed of after use. Do not wash or clean foam ear plugs with alcohol or other disinfectants as this may damage the product. Never re-use foam ear plugs – 3. These ear plugs are tested against a continuous noise source and as a result may not be an accurate indicator for protection against impulse noise – 4. These ear plugs should not be used where there is a risk that the connecting cord could be caught up during use (applies to 3M 1110 and 1130 only).
CAUTION – Before wearing 3M ear plugs consult your physician if you have any history of medical disorder of the ear. Reinserting dirty or soiled ear plugs into your ears may cause discomfort and/or skin irritation in the ear canal. Do not use hand creams or lotions immediately before rolling ear plugs and inserting them into your ears, as these substances may damage the ear plugs.

GODKENDELSE – 3M 1120 og 1130 opfylder kravene i Arbejdstilsynets bekendtgørelse om sikkerhedskrav mv. til personlige værnemidler. Produktet er og på konstruktionsstadiet blevet undersøgt af BSI Product Services, Maylands Avenue, Hemel Hempstead, Herts, HP2 4SQ, England (Bemyndiget organ nummer 0086).
3M 1100 og 1110 opfylder kravene i Arbejdstilsynets bekendtgørelse om sikkerhedskrav mv. til personlige værnemidler. Produktet er og på konstruktionsstadiet blevet undersøgt af INSPEC International Limited, Upper Wingburg Courtyard, Wingrave, Aylesbury, Buckinghamshire, HP22 4LW, UK (Bemyndiget organ nummer 0194).
TILBENNINGSSINSTRUKTIONER – Vask altid hænder før ørepropperne sættes i ørerne. Propperne skal anbringes i øverensstemmelse med illustrationen på den ene eske – 1. Øreproppen rulles og klæmmes sammen mellem tommel og pegefinger med fingrene, indtil – 2. Den indklemte eske, mens den stadig er sammenpreset, lægges i øregangen. Det gøres lettest, hvis øret trækkes opad og udad – 3. Hold øreproppen på plads indtil den har udvidet sig helt – 4. Gåning sættes ind, hvis øreproppen forskubber sig under bevægelse. Udtagning af øreproppen: Drej forsigtigt proppen lidt, så tæningen brydes, for proppen tages ud.
VEDLIGEHOLDELSE – Disse ørepropper er engangspropper og skal kasseres efter brug.
STØRRELSE – I overensstemmelse med EN352-2:2002 ligger disse ørepropper i de nominelle størrelser: 3M 1100/1110 = 6/13 mm – 3M 1120/1130 = 6/12 mm.

3M United Kingdom PLC
3M Centre, Cain Road
Bracknell, Berkshire RG12 5HT
Tel: 0870 60 800 60
www.3m.com/uk/ohes

3M Ireland
3M House, Adelphi Centre
Upper Georges Street
Dun Laoghaire, Co. Dublin
Tel: 1800 320 500
www.3m.com/uk/ohes

3M n/s
Fabriksparken 15, DK-2600 Glostrup
Tel: 43480100 - Fax: +4968596
e-mail: 3Mdanmark@mmmm.com
www.3m.dk/ohes.dk

3M Svenska AB
Röhlunds väg 3, 191 89 Sollesta
Tel: 08 92 21 00 - www.personskydd.se

3M Norge A/S
Avd. Verneprodukter
Postboks 100, Havnveien 6, 2026 Skjetten
Tlf: 06384 - Fax: 63 84 17 88
www.3m.com/no/verneprodukt

3Momen 3M Oy
PL 90, Lars Sonckin kaari 6, 02601 Espoo
Puh: 09-52 52 51
www.3m.com/fi/tyosuojelutuotteet

3M (East) AG
Grundstrasse 14, 6343 Rotkreuz
Tel: 041 7994040

3M (East) AG
Podružnica v Ljubljani
Cesta v Gorice 8, SI-1000 Ljubljana
Tel: 01/2003-630 - Faks: 01/2561-993

3M Preddstavnistvo
Zlatnjak b.b., HR-10000 Zagreb
Tel: 01/2499 750 - Fax: 01/2571 735

3M atsovybyh
Svirkailgos g. 11b, LT-03228 Vilnius
Tel: +370 5 216 07 80 - Faks:+370 5 216 02 63

3M Eesti filiaal
Mustamäe tee 4, 10621-Tallinn
Tel: 6 115 900 - Faks: 6 115 901
innovation.ee@mmmm.com

3M pārstāvniecība Latvija
K. Ulmana gatve 5, LV-1004 Rīga
Tālrs: +371 7 066 120 - Fakss: +371 7 066 121

3M (East) AG
Obchodné zastupiteľstvo
Vajnorská 142, 831 04 Bratislava, Slovakia
Tel: 02/491 052 30
Fax: 02/444 544 82

3M Россия
125445 Москва
ул. Смольная, дом 24/1/1
Бизнес-центр "Меридиан"
Тел: (095) 784-74-74
Факс: (095) 784-74-75

Представителство компания 3M (East) AG
480009 Алматы, Казахстан
Пр. Абай 153, офис 31/32
Тел: 7 (3272) 509944, 509755
Тел: 7 (3272) 509573
e-mail: innovation.kz@mmmm.com

3M представителство България
1715 София
Милениев 4 Бизнес парк, бг. 4
Тел: 960 19 11, 960 19 14
Факс: 960 19 26



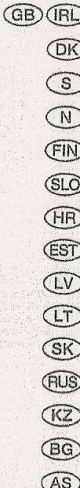
dlg 12683 06/2003

FL-392 (A)

DN-2563-00662-0

3M 1100 / 1110 / 1120 / 1130

Disposable Ear Plugs
Ørepropper til engangsbrug
Hörselpropp (för engångsbruk)
Øreplugger (engangs)
Kertakäyttöiset korvatulpat
Ušesni čepki za enkratno uporabo
Čepiči za uši za jednokratnu uporabu
Ühekordsed kõrvatropid
Vienreiz lietojamie ausu aizbāžņi
Vienkartiniai ausų kamštukai
Jednorazové ušné zátky
Противошумные вкладыши
Bір жолғы берушалар
Антифони вътрешни за еднократна употреба
واقبات الأذن



ODOBITVITE – 3M 1120 in 1130 odgovarjajo osnovnim varnostnim zahtevam podanim v Pravilniku o osebni varovalni opremi (Annex II Direktive Evropskega združenja 89/686/EEC). Izdelki so bili preverjeni s strani BSI Product Services, Maylands Avenue, Hemel Hempstead, Herts, HP2 4SQ, Velika Britanija (števila pooblaščenega telesa 0086).
3M 1100 in 1110 odgovarjajo osnovnim varnostnim zahtevam podanim v Pravilniku o osebni varovalni opremi (Annex II Direktive Evropskega združenja 89/686/EEC). Izdelki so bili preverjeni s strani INSPEC International Limited, Upper Wingburg Courtyard, Wingrave, Aylesbury, Buckinghamshire, HP22 4LW, UK (števila pooblaščenega telesa 0194).
NAVODILA ZA NAMEŠTITEV – Vedno si operite in osušite roke preden vstavljate ušesne čepke. Čepke morajo biti nameštene skladno s slikovnimi navodili na embalaži – 1. Prvo zvijgo in slatice čepke med prsti – 2. Stisnjeno vstavite počasi v ušesni kanal. To je lažje, če je uho rahlo pritisnjeno navzgor in nazaj – 3. Pustite čepke na mestu, dokler se ne razširi in zapolni ušesni kanal – 4. Če čepke zaradi gibanja izpadne, ga ponovno vstavite. Odstranitev ušesnih čepkov: za večjo udobnost, pred odstranitvijo čepke nežno zavijte čepke, da prekinete tesnjenje.
VZDRŽEVANJE – Čepki so namenjeni enkratni uporabi, zato jih po uporabi zavrzite.
VELIKOST – Po standardu SIST EN352-2:2002 so čepki v normalnem velikostnem razredu: 3M 1100/1110 = 6 do 13 mm – 3M 1120/1130 = 6 do 12 mm.
HRANJENJE/TRANSPORT – Čepke je potrebno shranjevati v čistem, onesnaženem področju, kjer ni onesnetosti, da se pokvari. Pri transportu tega proizvoda uporabljajte originalno embalažo.
OPOZORILO – 1. Na ta proizvod lahko neugodno delujejo določene kemikalije. Dodatne informacije poiščite pri proizvajalci – 2. Izdelek je namenjen enkratni uporabi in ga je potrebno hraniti v originalni embalaži pred prvo uporabo in po uporabi zavrzite. Ne porite ga z alkoholom ali drugimi dezinfektanti, ker to lahko poškoduje izdelek. Nikoli ponovno ne uporabite usedlih čepkov – 3. Ti čepki so testirani proti stalnemu izvoru hrupa in rezultat morda ne bo točen indikator zaščite pred impulznim hrupom – 4. Te čepke ne uporabljajte tam, kjer obstaja nevarnost, da se povezovalni vrvi med uporabo zatakne (samo 3M 1110 in 1130).
POZOR – Pred uporabo 3M-ovih ušesnih čepkov se posvetujte z zdravnikom, če imate kakršnokoli zdravstveno zgodovino glede motenj v ušesu. Ponovno nameščanje umazanih ali sojenih čepkov lahko povzroči neugodje in/ali draženje kože. Ne uporabljajte kren za roke ali losjonev tu pri vzdrževanju čepkov in vstavljanju v ušesni kanal, ker te substance lahko poškodujejo ušesni čepke.



2. Gumbis vienkartinis ir iki naudojimo turi būti saugomas originalioje pakuotėje. Nevalkyte alkoholiu ar kitom dezinfekciniam medžiagam, kadangi tai gali sugadinti gaminį. Pamačius žmestį – 3. Sie ausų kamštukai yra paklūgti apsaugai nuo pastovaus triukšmo, tačiau nebuiliniai optimaliai apsaugu nuo impulsinio triukšmo – 4. Sie ausų kamštukai neturi būti naudojami ten, kur yra pavojus darbu metu užsikimšti kamštukus jungiančiai virvutei (3M 1110 ir 1130).
PASTABA – Jeigu kada nors turėsite kokių nors medicininių problemų, susijusių su ausimis, prieš naudojimą 3M ausų kamštukus, pasikonsultuokite su savo gydytoju. Nėsvary kamštukų naudojimas gali sukelti diskomfortą ir/arba sudirgti ausies kanalų odą. Nėsvėkite rankų kremu ar losjone prieš pat sukėjimą tarp pirštų ir įsidedant kamštuką, kadangi tai gali sugadinti gaminį.
SCHWÄLLEN – Ušné zátky 3M 1120 a 1130 spňajú základné bezpečnostné požiadavky uvedené v prílohe II nariadenia Európskeho Spoločenstva 89/686/EEC. Ušné zátky boli skúšané v štúdiu návrhu autorizovanou skúšobnou BSI Product Services, Maylands Avenue, Hemel Hempstead, Herts, HP2 4SQ, Anglicko (akreditovaná skúšobňa č. 0086).
Ušné zátky 3M 1100 a 1110 spňajú základné bezpečnostné požiadavky uvedené v prílohe II nariadenia Európskeho Spoločenstva 89/686/EEC. Ušné zátky boli skúšané v štúdiu návrhu autorizovanou skúšobnou INSPEC International Limited, Upper Wingburg Courtyard, Wingrave, Aylesbury, Buckinghamshire, HP22 4LW, UK (akreditovaná skúšobňa č. 0194).
NAVOD NA NASADJENJE – Pred nasedanjem ušnih zátek si vždy dôkladne umyte ruky. Zátky do uší si nasadite podľa obrázkov na obale. 1. Pomaly stlačíte zátku medzi ukazovíkom a palcom, až kým nie je úplne stlačená – 2. Pokým je zátku stlačená, vložte ju pomaly do ucha. Pre ľahšiu aplikáciu ucho opatrne potiahnite hore a smerom von – 3. Podržte zátku v uchu, pokým sa neväzší tak, že zaplní celý vestibulárny ústň zátku mierne potlačte, aby sa uvoľnilo ušenie a aby výborne bolo pohodlné. 4. Ak sa zátku po vyňatí uvoľní, napravte ju do správnej polohy. Vyberanie ušných zátek: pred vytiahnutím ušnej zátky mierne potlačte, aby sa uvoľnilo ušenie a aby výborne bolo pohodlné. 5. Ušné zátky 3M 1120 a 1130 spňajú základné bezpečnostné požiadavky uvedené v prílohe II nariadenia Európskeho Spoločenstva 89/686/EEC. Ušné zátky boli skúšané v štúdiu návrhu autorizovanou skúšobnou BSI Product Services, Maylands Avenue, Hemel Hempstead, Herts, HP2 4SQ, Anglicko (akreditovaná skúšobňa č. 0086).
UPOZORENJE – 1. Tento výrobok môže byť poškodnený niektorými chemikáliami. Podrobnosti získate priamo u výrobcu – 2. Tento výrobok je jednorázový a do doby použitia sa má skladovať v originálnom balení. Po použití sa má zneškodniť. Penové ušné zátky neumývajte ani nečistite alkoholom alebo inými dezinfektantmi, pretože to môže poškodiť výrobok. Nikdy nepoužívajte použité ušné zátky na udržanie ušného zvuku – 3. Tieto ušné zátky sú testované proti ustálenému hluku a výsledok testu môže byť ne presný indikátor ochrany proti impulznému hluku – 4. Tieto ušné zátky nie je možné použiť tam, kde existuje nebezpečenstvo, že sa môžu zablokovať. Pred použitím 3M-ových ušných zátek sa poraďte s lekárom, ak máte akúkoľvek zdravotnú anamnézu súvisiacu s ušami. Opätovné nasadenie umazaných alebo sojených ušných zátek môže spôsobiť nepohodlie a/alebo podráždenie pokožky v ušnom kanáli. Nepoužívajte pleťové mlieko ani krém na ruky tesne pred vstavením zátky do ušného kanála, pretože tieto látky ich môžu poškodiť.
ОДОВЕРЕН – Противошумные вкладыши 3M 1120 и 1130 удовлетворяют основным требованиям, изложенным в приложении II к Директиве Европейского Сообщества 89/686/EEC. Эти вкладыши были испытаны в лаборатории, аккредитованной БSI Product Services, Maylands Avenue, Hemel Hempstead, Herts, HP2 4SQ, England (номер инспекции 0086).
Противошумные вкладыши 3M 1100 и 1110 удовлетворяют основным требованиям, изложенным в приложении II к Директиве Европейского Сообщества 89/686/EEC. Эти вкладыши были испытаны в лаборатории, аккредитованной INSPEC International Limited, Upper Wingburg Courtyard, Wingrave, Aylesbury, Buckinghamshire, HP22 4LW, UK (номер инспекции 0194).

